



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ŘÍZENÍ MOBILNÍHO ROBOTU POMOCÍ CHYTRÉHO TELEFONU

MOBILE ROBOT CONTROL VIA SMARTPHONE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MATĚJ KOŘENSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID KUBÁT

BRNO 2013

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí robota na Ackermanově podvozku, výběrem vhodných senzorů a kamery. Dále je zde popsán vývoj a následná výroba ovládací jednotky. Pro řízení robota je navržena a vytvořena aplikace pro chytrý telefon s operačním systémem Android.

Abstract

This bachelor thesis is about design and construction robot on Ackerman's undercart and about choice of suitable sensors and camera. There is also described development and following production of control unit in the thesis. For the robot controlling is designed and made an application for Smarthphone with the Android operating system.

Klíčová slova

Ackerman, Dálkově řízený, Robot, Raspberry Pi, AVR, Java, Android

Keywords

Ackerman, Remote-controlled, Robot, Raspberry Pi, AVR, Java, Android

Citace

Matěj Kořenský: Řízení mobilního robota pomocí chytrého telefonu, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2013

Řízení mobilního robotu pomocí chytrého telefonu

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Davida Kubáta. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Matěj Kořenský
13. května 2013

Poděkování

Děkuji svému vedoucí práce Ing. Davidu Kubátovi za odborné vedení a náměty, které mi při řešení této práce poskytl.

© Matěj Kořenský, 2013.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod	3
2	Teoretické podklady k problematice	4
2.1	Ackermanův podvozek	4
2.1.1	Ackermanova podmínka	4
2.1.2	RC podvozky	5
2.2	Řídící jednotka	6
2.3	Senzorový systém	8
2.3.1	Ultrazvukové dálkoměry	8
2.3.2	Vhodné Ultrazvukové dálkoměry	9
2.3.3	Kamery	10
2.4	Komunikace	11
2.4.1	Sběrnice I^2C	11
2.4.2	Mobilní signál (GSM)	11
2.4.3	Wi-Fi	11
2.4.4	Bluetooth	11
2.4.5	Vhodné komunikační moduly	12
3	Vlastní návrh řešení	13
3.1	Vybraný podvozek	13
3.2	Vybrané komponenty	14
3.3	Model zapojení	14
3.3.1	Napájecí zdroj	15
3.3.2	Ovládací jednotka	15
3.4	Rozložení	15
4	Konstrukce	16
4.1	Napájecí zdroj	16
4.1.1	Schéma zapojení	16
4.1.2	Deska plošného spoje	17
4.1.3	Seznam součástek	18
4.2	Ovládací jednotka	19
4.2.1	Schéma zapojení	19
4.2.2	Deska plošného spoje	21
4.2.3	Seznam součástek	21

5	Programové řešení	22
5.1	Firmware pro ovládací jednotku	22
5.1.1	Vývojové prostředí Atmel Studio 6.1.	22
5.1.2	Extreme Burner AVR	23
5.1.3	Programátor USBasp 2.0	24
5.1.4	Ovládání modelářského servomotoru	25
5.1.5	Ultrazvukový dálkoměr	26
5.1.6	Řídící software	27
5.1.7	Způsob řízení	28
5.2	Řídící jednotka	29
5.2.1	Nastavení přístupového bodu Wi-Fi	30
5.2.2	WiringPi	31
5.2.3	Vývojový diagram	31
5.2.4	Druhy zpráv	33
5.2.5	MJPEG Streamer	33
5.3	Aplikace pro OS Android	34
5.3.1	Vývojový diagram	34
5.3.2	Návrh grafického uživatelského rozhraní	35
5.3.3	Streamování záznamu z kamery	36
6	Testování	37
6.1	Spolehlivosti	37
6.2	Měření dálkoměrem	37
6.3	Dosahu wi-fi signálu	38
6.4	Nouzového vypnutí	38
7	Vylepšení	39
7.1	Pohyblivé rameno pro kameru	39
7.2	Měření kapacity baterie	40
7.3	Návrh na další vylepšení	40
8	Závěr	41
8.1	Foto výsledného robota	42
A	Obsah CD	48
B	Schéma konektorů	49

Kapitola 1

Úvod

V dnešní době se ve světě vyskytuje mnoho nebezpečných oblastí, ve kterých lidé buďto nemohou pracovat vůbec a nebo jen za rizika těžkého zranění. Příkladem těchto nebezpečných prostředí je například práce pyrotechniků, kteří dnes ve většině případů používají robotické vybavení pro sledování nástrah či odstranění nevybuchlé munice. Dalším příkladem může být aktuální dění ve zničené Japonské jaderné elektrárně Fukušima, kde v samotném nitru je radiace tak vysoká, že se k dekontaminaci prostředí používají výhradně dálkově ovládaní roboti. V některých částech elektrárny je dokonce tak vysoká radiace, že ani tito robotičtí pomocníci se na tato místa nemohou vydat (z důvodu rušení signálu).

V této bakalářské práci se proto budeme zabývat návrhem a konstrukcí dálkově ovládaného robota pomocí chytrého telefonu s operačním systémem Android. Robot bude postaven na Ackermanově podvozku. V bakalářské práci si popíšeme výhody i nevýhody tohoto typu podvozku a dostupné modely. Také se budeme zabývat návrhem senzorového systému a výběrem vhodného dálkoměru a kamery.

Čtvrtá kapitole bakalářské práce bude zaměřena na návrh napájecího zdroje a ovládací jednotky. Nejdříve bude potřeba objasnit, jak budou tyto obvody pracovat a jaké vstupy a výstupy budou požadovány. Nakonec v páté kapitole provedeme návrh schématu zapojení a návrh plošného spoje.

V před-poslední části bakalářské práce si popíšeme návrh aplikace pro ovládací jednotku, jež bude pro mikroprocesor, aplikaci v jazyku C pro řídicí jednotku a aplikaci pro chytrý telefon s operačním systémem Android v jazyku Java. V bakalářské práci se tedy setkáme se třemi různými vývojovými platformami.

V poslední části práce se zaměříme provedená vylepšení robota nad rámec zadání. Dále si popíšeme použití ovladatelného ramene pro kameru a ultrazvukový dálkoměr. A také možnosti dalšího vylepšení.

Kapitola 2

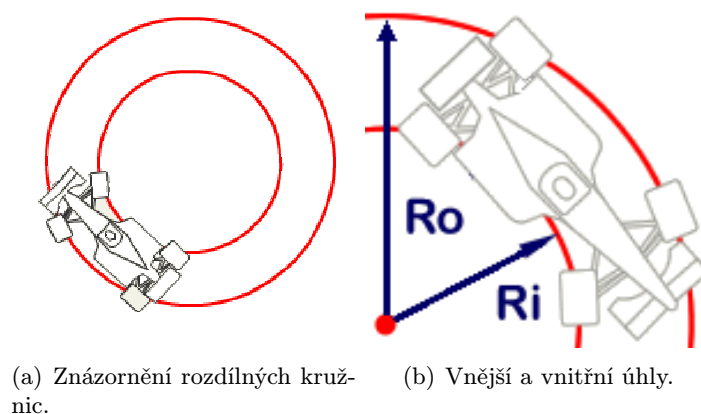
Teoretické podklady k problematice

2.1 Ackermanův podvozek

Jedná se o čtyřkolový podvozek, jehož název je málo známý, ale znají ho jistě všichni známe. Dvě pevná kola a zbylá dvě natáčená. Tento podvozek je využíván u osobních automobilů. Jeho předností je vyšší dosažitelná rychlost, možnost sjíždění středně obtížného terénu a nižší spotřeba energie. Velkou nevýhodou jsou ovšem holonomní omezení, jež zamezují otočení podvozku na místě.

2.1.1 Ackermanova podmínka

Ackermanova podmínka nám definuje geometrii, která je aplikována na vozidlech tak, aby byly schopny správného zatáčení. U Ackermanova podvozku totiž dochází k situaci, kdy při projíždění zatáčky pravá i levá strana vozidla opisuje rozdílné dráhy dané různými kružnicemi.

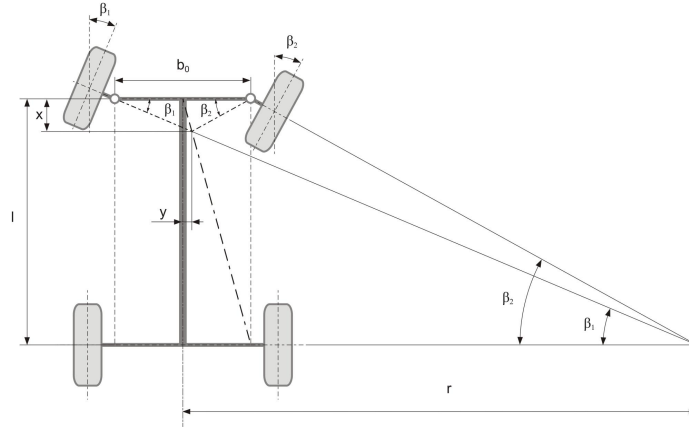


Obrázek 2.1: Ackermanova podmínka [4].

Na obrázku 2.1a lze vidět dráhu, kterou kola následují. Dále z tohoto náhledu můžeme usoudit, že při zatáčení je dráha vnitřních kol kratší než u kol vnějších. Pokud by byl úhel natočení na obou stranách stejný, vnitřní kolo by klouzalo po vozovce. To by mělo za následek snížení účinnosti zatáčečícího mechanismu a zvýšení valivého odporu, který by

zapříčinil zahřívání (i možné přehřátí) kol. V některých případech, jako třeba náledí, by tato situace mohla vést až ke smyku.

Rozdílné úhly vnitřních a vnějších kol lze lépe vidět na obrázku 2.1b, kde je označen vnitřní a vnější úhel, o který jsou ovládací kola natočena. Vnitřní úhel (R_i) a vnější úhel (R_o) jsou závislé na řadě faktorů, jakými jsou například délka vozidla a umístění kol.



Obrázek 2.2: Výpočet Ackermanovy podmínky [12].

Ted' když je známo, co Ackermanova podmínka udává, je možné ji vypočíst. Obrázek 2.2 znázorňuje náčrtek podvozku, kde pro rozvor nápravy l , rozchod kol b_0 , poloměr zatáčení r , úhel natočení vnějšího kola β_1 a úhel natočení vnitřního kola β_2 , můžeme sestavit následující vztah: $\cotg\beta_1 - \cotg\beta_2 = \frac{b_0}{l}$.

Zavedeme-li v tomto vzorci veličiny x a y , lze potom odvodit rovnici přímky ideálního nastavení geometrie řízení. Tato přímka vede středem přední nápravy do bodu ležícího ve vzdálenosti $\frac{b_0}{2}$. Jedná se však o ideální přímku a díky složitosti mechanismu pro řízení je nemožné ji dosáhnout. Tohoto ideálního stavu se tedy snaží dosáhnout řídicí mechanismy.

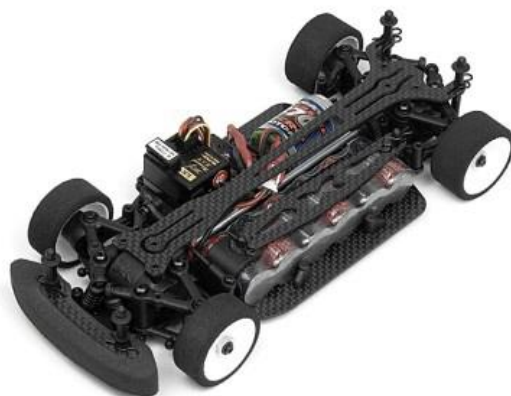
2.1.2 RC podvozky

RC (Radio Control) nebo také rádiem ovládané modely aut, letadel, lodí. V tomto případě se zajímáme pouze o modely aut. Tyto modely disponují odpruženými závěsy kol a silnými elektrickými nebo benzínovými motory. Tyto auta jsou určena především pro závodní ježdění a jsou ovládána klasickým páčkovým modelářským ovladačem nebo kotoučovým ovladačem. Dnes je možné RC auta sehnat v nejrůznějších variantách, od plastových modelů až po karbonové nebo duralové. Velkou výhodou je cenová dostupnost (modely jsou vyráběny hromadně). A další výhodou je možnost pořízení náhradních nebo tuningových dílů, které jsou u stejných značek výrobců často používány ve více modelech. Aby byl model kompletní, je potřeba zmínit další potřebné díly: silný modelářský servomotor pro ovládání zatáčení, baterie (většinou Li-Poly nebo NiCd), regulátor výkonu motoru (u benzínové varianty se jedná o další modelářský servomotor) a přijímač radiových vln se zabudovaným dekodérem a externí anténou [20].

Podvozky se dělí podle velikosti daného modelu, kdežto nejobvyklejší velikost je 1:10 oproti skutečnému automobilu. A podle prostředí, do kterého jsou určeny. Zde jsou rozděleny do dvou tříd.

OnRoad Podvozky jsou určeny pro rychlou jízdu na kvalitním povrchu (silnice, halové

hřiště a podobně) a speciálních okruzích. Mají snížený podvozek, tvrdší odpružení kol a silný motor s převody pro rychlou jízdu. Podvozek je znázorněn na obrázku 2.3 níže.

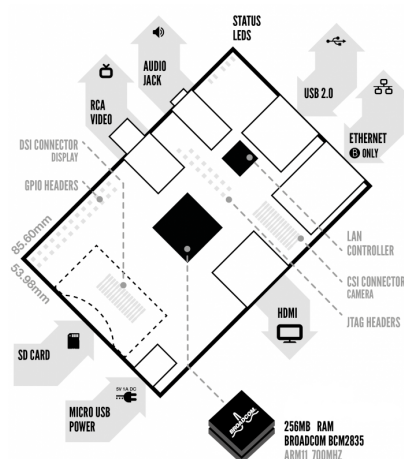


Obrázek 2.3: OnRoad carbonový závodní podvozek [20].

OffRoad jsou určené do obtížně sjízdného terénu (tráva, kopce, kameny) a mají proto větší odpružení, díky kterému je podvozek vyšší. Převodové ústrojí je navrženo pro převod vysokých otáček do větší hnací síly. Převod této vysoké tažné síly je dodáván všem čtyřem kolům zároveň.

2.2 Řídící jednotka

Jako řídící jednotka byla vybrána přibližně rok stará platforma Raspberry Pi. Jedná se o levný minipočítač velikosti kreditní karty, který byl založen neziskovou nadací Raspberry Pi. Cílem této nadace je rozšiřování znalostí s počítači a elektrotechnikou u dětí základních škol. Je však k dostání i pro širokou veřejnost, kde je především pro svou jednoduchost velice oblíbený.



Obrázek 2.4: Miniaturní počítač Raspberry Pi s popisem konektorů[15].

Celá platforma je založena na čipu SoC (System on Chip) Broadcom BCM2835. Dále disponuje USB konektorem pro připojení různých zařízení, HDMI a S-VIDEO pro propojení s monitorem nebo televizorem. Podle mého názoru je největší výhodou přítomnost GPIO

pinů. Tyto piny jsou přímo napojeny na procesor a je k nim nízkoúrovňový přístup, kdy můžeme na jednotlivé piny zapisovat nebo z nich číst hodnoty. Můžeme tedy na ně připojit LED, různé displeje, modelářské servomotory atd. Další vlastnosti minipočítače se však liší podle zvolené verze viz 2.1 [15].

V dnešní době tato nová platforma podporuje již spoustu operačních systémů na bázi UNIXu. Oficiálně podporovaná distribuce se nazývá Raspbian, která je upravená pro rychlý chod na ARM procesorech a v první instalaci již obsahuje potřebné ovladače pro Raspberry Pi. Další operační systémy, které lze spustit jsou například Android, Fedora a v neposlední době i RISC OS. Vybraný operační systém je uložen na paměťové kartě.

Raspberry Pi je sice nová platforma minipočítače, ale již po roce od zahájení prodeje bylo prodáno více než milion kusů. Komunita uživatelů, kteří Raspberry Pi používají ve svých projektech, se každým dnem velice rychle rozrůstá a vznikají zajímavé pomůcky pro začínající programátory v podobě knihoven v jazyku C a Python.

Vlastnosti	Verze	
	A	B
CPU	700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core	
GPU	OpenGL ES 2.0, OpenVG 1080p30 H.264 high-profile encode/decode	
Paměť	256MB	512MB
Počet USB	1	2 (integrovaný hub)
Video výstup	RCA, HDMI	
Audio výstup	3,5 mm Jack, HDMI	
Paměťové medium	SD karta pro systém	
LAN	nemá	10/100 Ethernet RJ45
Nízko-úrovňové periferie	Univerzální piny (GPIO), SPI, I^2C , I^2S , UART	
Spotřeba	500 mA (2.5W)	700 mA (3.5W)
Napájení	5V (DC) přes Micro USB konektor	
Velikost	85 x 56 mm	

Tabulka 2.1: Základní vlastnosti Raspberry Pi verze A i B [15].

Na obrázku 2.4 je znázorněno rozmístění hlavních prvků na Raspberry Pi. Jelikož by na destičce minipočítače nebylo dostatek místa pro další konektory, je zde umístěn 2x13 pinový konektor GPIO (General Purpose Input/Output) pinů. Na těchto se nachází již v tabulce zmiňované periferie (SPI, UART, ...). Tyto rozhraní nejsou však "plug and play" (pouze připojit a okamžitě k použití). U většiny rozhraní je nutná instalace ovladačů a jejich konfigurace. I když je Raspberry Pi napájeno pomocí 5V, použitý procesor však pracuje na 3,3V logice a pro připojení zařízení napájeného populárními 5V je zapotřebí použít převodník logických úrovní.

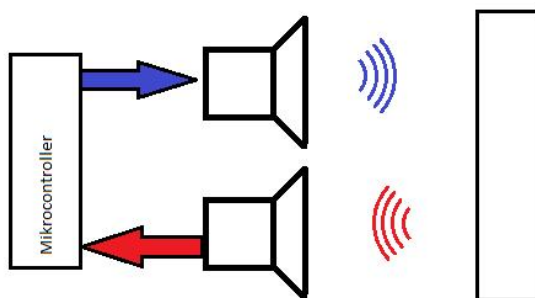
2.3 Senzorový systém

Jedním z cílů práce je vybrat vhodné senzory a kameru pro robota, ze které bude přenášén obraz do mobilního telefonu. Nejprve se zaměříme na vysvětlení základního principu měření ultrazvukového dálkoměru a taktéž znázornění vhodného dálkoměru. Poté se podíváme na vhodné kamery.

2.3.1 Ultrazvukové dálkoměry

Ultrazvukové dálkoměry měří vzdálenost mezi překážkou a senzorem. Princip měření vzdálenosti je založen na měření doby mezi vysláním akustického signálu a příjmem zpět odraženého akustického signálu. Ultrazvukové dálkoměry pracují pro nás v neslyšitelném pásmu zvukových vln. Nejběžnější pracovní frekvence se pohybuje okolo 40 kHz. Díky relativně pomalému šíření zvukových vln v prostředí, v našem případě je prostředí vzduch, není zapotřebí kvalitních a přesných měřičů času jako u laserových a infračervených senzorů. Pomalé šíření zvukových vln nám však vytváří i nevýhodu, která se projeví na rostoucí časové prodlevě mezi jednotlivými měřeními. Zde výrobci udávají i doporučenou dobu nečinnosti senzoru mezi měřeními, která bývá 0,1 s [8].

Vzdálenost k překážce je potom možné vypočítat s pomocí známé rychlosti šíření zvukových vln ve měřeném prostředí a naměřené doby mezi vysláním a opětovném zachycení zvukového signálu.



Obrázek 2.5: Znázornění měření ultrazvukovým dálkoměrem.

Na obrázku 2.5 je znázorněno měření pomocí ultrazvukového dálkoměru. Modrá barva znázorňuje vyslaný zvukový signál a červená označuje zvukový signál odražený od překážky. Nejsilnější odražený signál se vrací od překážek hladkých rovných a kolmo umístěných proti senzoru.

Přesnost měření pomocí ultrazvukových dálkoměrů se mění od prostředí, ve kterém je prováděno měření. V dnešní době je všude kolem nás spousta rušení, jak rádiového (mobilní telefony, wi-fi, televizní signál, ..), tak i zvukového. Další nepřesností je měření vzdálenějších cílů, které jsou ve vzdálenosti okolo maximální hranice senzoru. Zvukový signál je ze senzoru vyzařován pod určitým úhlem, který je na krátké vzdálenosti malý. Avšak postupem zvukového signálu dále dochází k jeho deformaci. Například při detekci překážky, která nesplňuje podmínky ideálního detekovatelného objektu se zpět k senzoru dostává pouze malé procento zvukových vln. Dalo by se tedy říct, že ultrazvukové dálkoměry jsou vhodné pouze pro detekci překážek maximálně do půl metrové vzdálenosti. Pro překážky vzdálené dále by bylo vhodné zvážit využití například laserového senzoru.

2.3.2 Vhodné Ultrazvukové dálkoměry

Níže zobrazené ultrazvukové dálkoměry byly vybrány pro svou jednoduchost použití a velkou rozšířenost z internetového obchodu zaměřeného na prodej vybavení pro robotiku [18]. Jsou primárně určené pro platformu Audurino, ale je možné je se správným postupem ovládat prakticky jakýmkoli mikroprocesorem. Více o ovládání a zjišťování výsledků z dálkoměrů je popsáno v páté kapitole.

SRF02

Typ: Ultrazvukový dálkoměr s jedním měničem

Frekvence: 40kHz

Vyzařovací úhel: 55°

Napájení: 5V/4mA

Rozsah: 16cm - 6m

Výstup: I2C interface a asynchronní sériový interface

Rozměry: 24x20x17mm



Obrázek 2.6: SRF02 [18].

SRF04

Typ: Ultrazvukový dálkoměr

Frekvence: 40kHz

Vyzařovací úhel: 55°

Napájení: 5V/30mA

Rozsah: 3cm - 3m

Výstup: impuls délky 0.1 - 25ms

Rozměry: 43x20x16 mm



Obrázek 2.7: SRF04 [18].

SRF05

Typ: Ultrazvukový dálkoměr

Frekvence: 40kHz

Vyzařovací úhel: 55°

Napájení: 5V/30mA

Rozsah: 1cm - 4m

Výstup: impuls délky 0.1 - 25ms

Rozměry: 43x20x16 mm



Obrázek 2.8: SRF05 [18].

2.3.3 Kamery

Kamera na robota bude sloužit k zaznamenávání obrazu, který bude následně přenášen do chytrého telefonu popřípadě tabletu. Je tedy potřebné zvolit vhodnou kameru, se kterou bude schopno Raspberry Pi pracovat. K řídicí jednotce je kameru možné připojit třemi různými konektory. Raspberry Pi totiž disponuje USB konektorem, CSI slotem a Ethernetovou přípojkou RJ45.

Logitech WEBCAM C270 HD

Rozhraní: USB 2.0

Senzor: 3MPx

Rozlišení: 1280 x 720 bodů, 30fps

Formátování: MJPEG, YUM

Ostatní: zabudovaný mikrofón, automatické zaostření

Výhody: střední kvalita obrazu, zabudovaný mikrofón, univerzální připojení

Nevýhody: nutnost zpracovávání obrazu řídicí jednotkou



Obrázek 2.9: Logitech C270 [5].

Raspberry Pi kamera modul

Rozhraní: CSI

Senzor: 5MPx

Rozlišení: 2592 x 1944 bodů, 1080p

Rozlišení: Raspberry Pi podporuje HW kodování kodeku H264

Ostatní: přímé propojení s procesorem

Výhody: modul určený přímo pro Raspberry Pi, SW podpora, vysoké rozlišení obrazu

Nevýhody: v době psaní práce nebyla kamera dostupná



Obrázek 2.10: Raspberry Pi kamera modul [15].

D-Link DCS-930L

Rozhraní: LAN 10/100, 802.11b/g/n

Senzor: 2MPx

Rozlišení: 640 x 480 bodů, 30fps

Formátování: H.264, MPEG-4, MJPEG

Výhody: vestavěný dekodér, 30fps, jednoduchá obsluha

Nevýhody: cena, malé rozlišení



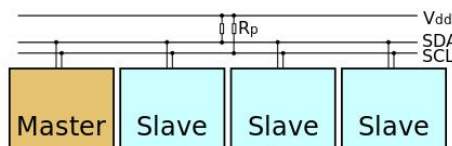
Obrázek 2.11: D-Link DCS-930L [3].

2.4 Komunikace

Vezmeme-li v úvahu možné technologie, na základě kterých je chytrý telefon schopen komunikovat, zůstanou nám tři možnosti, díky kterým lze komunikaci chytrého telefonu s robotem zajistit. Liší se především možným dosahem, na který bude robota možné ovládat. Ke komunikaci bude však docházet i na samotném robotu mezi jednotlivými zařízeními a k tomu bude využívána sběrnice I^2C .

2.4.1 Sběrnice I^2C

Někdy také nazývaná dvoudrátová sběrnice, pracuje na principu sériového přenosu dat. Umožňuje propojit až 128 zařízení (sedmi bitová adresa). Na sběrnici se mohou nacházet pouze dva druhy zařízení. Master, který zahajuje a ukončuje komunikaci. A zařízení slave, které vyčkává pokynů od zařízení typu master. Sběrnice ke své činnosti využívá pouze dvou drátů, SDA pro data a SCL pro hodinový signál. Tyto řídicí signály se připojují pomocí pul-up rezistoru na napájecí napětí, pro zesílení signálu. Na obrázku 2.12 je znázorněno připojení čtyř zařízení [17].



Obrázek 2.12: Připojení zařízení na I^2C sběrnici [17].

2.4.2 Mobilní signál (GSM)

Komunikace pomocí mobilního signálu nám dnes dává veliké možnosti ovládání na velkou vzdálenost. Dalo by se říci, že kdekoli, kde je pokrytí mobilním signálem. Tato výhoda je však doprovázena pomalou rychlostí přenosu. Vysokorychlostní sítě jsou budovány převážně ve velkých městech. Služby pro datový přenos po GSM síti jsou však zpoplatněny a odezva v síti je vysoká [16].

2.4.3 Wi-Fi

Technologie bezdrátového přenosu dat Wi-Fi disponuje dosahem, který je závislý na prostředí, od jednotek až po stovky metrů. V dnešní době je však tato technologie tak rozšířena, že podporou bezdrátové sítě je dnes vybaveno skoro každé přenosné zařízení, od mobilních telefonů po fotoaparáty. Tato výhoda však přináší i své nevýhody, kdy ve městech dochází k silnému rušení signálu. To má za následek pokles dosahu signálu, snížení rychlosti přenosu a zvýšení pravděpodobnosti výpadku sítě.

2.4.4 Bluetooth

Bezdrátový přenos mezi dvěma zařízeními na nízkou vzdálenost od jednoho do deseti metrů. Díky nízké přenosové rychlosti je vhodná pouze pro přenos řídicích signálů, nikoli pro přenos videa.

2.4.5 Vhodné komunikační moduly

K řídicí jednotce je možné připojit komunikační moduly pomocí USB konektoru nebo sériové linky. Sériová linka (UART) se většinou využívá pro svojí jednoduchost v mikroprocesorové technice. Její předností je malá náchylnost na chybovost a rušení. Avšak nevýhodou je velice pomalá rychlost v řádu kilobytů. Proto jsem se rozhodl pro komunikační modul využít především USB portu, který dosahuje velké přenosové rychlosti a je univerzální. Nevýhodou je nutnost ovladačů pro připojené zařízení, což v některých případech může být problém. Výběr je také zúžen o některá zařízení z důvodu, že Raspberry Pi je poměrně nová platforma a její USB ovladače nepracují korektně s určitými zařízeními. Zařízení vybraná níže jsou již komunitou ověřená a plně funkční.

GPS/GPRS/GSM Module V3.0

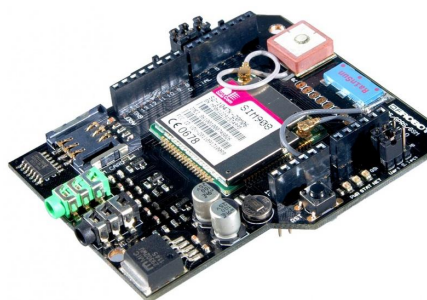
Rozhraní: USB 2.0

Sítě: GSM 850/900/1800/1900MHz

Napájení: 6-12V

Rozměry: 81x70mm

Ostatní: podpora GPS



Obrázek 2.13: GSM modul [16].

TP-LINK TL-WN722N

Rozhraní: USB 2.0

Sítě: 802,11b g n

Vysílací výkon: 20 dBm

Rychlost: 11n: až 150 Mb/s

11g: až 54 Mb/s

11b: až 11 Mb/s

Rozměry: 93,5 x 26 x 11 mm



Obrázek 2.14: Wi-Fi modul [14].

ASUS USB-BT211

Rozhraní: USB 2.0

Sítě: Bluetooth v2.0 + EDR

Rychlost: až 3 Mbps

Rozměry: 19,47 x 16 x 81 mm



Obrázek 2.15: Bluetooth modul [1].

Kapitola 3

Vlastní návrh řešení

3.1 Vybraný podvozek

Jako podvozek bylo potřeba vybrat takový, který bude schopen překonávat lehké překážky (jízda po trávě, prahy dveří) a bude dostatečně odolný. Podle těchto zvolených kritérií byl zvolen off-road podvozek s náhonem na všechny čtyři kola.

Podvozek velikosti 1:10 (oproti skutečnému automobilu) Tamiya TT-01e dosahuje rozměrů na délku 375mm, šířku 186mm a rozvor kol 257mm. Jak již bylo zmíněno, jedná se o podvozek s náhonem na čtyři kola, propojená hnacím kardanem. Zavěšení jednotlivých kol je odpruženo pomocí třecích tlumičů a pružiny. Přední i zadní náprava disponuje planetovými diferenciály. Základní verze tohoto podvozku je vybavena stejnosměrným motorem typu 540 a ESC regulátorem, který je možné zatížit špičkovým proudem až 60A. O ovládání předních kol se stará standardní modelářský servomotor značky HobbyKing s kovovými převody a o síle tahu devíti kilogramů při napájení 4,8V.

Tento podvozek byl vybrán především díky své dostupnosti, možnosti sehnat náhradní díly a také díky relativně kvalitní konstrukci. Pro pohonný systém byla zvolena Li-Pol dvoučlánková baterie o napětí 7,4V (maximální nabití na 8,4V) s kapacitou 5000mAh. Zatížení této baterie je 20C a udává nám maximální vybíjecí proud 100A ($20 \cdot \text{kapacita baterie}$).



Obrázek 3.1: Podvozek Tamiya TT-01E [13].

3.2 Vybrané komponenty

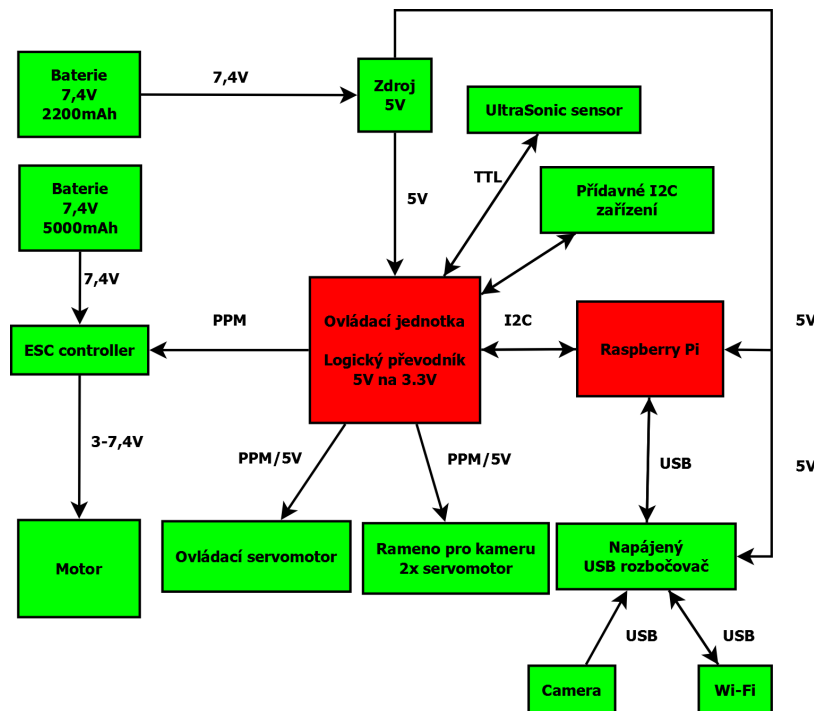
Pokud si zadáme požadavek, že robot by měl být schopen být ovladatelný na střední vzdálenost (10-50m), je potom možné využít k řízení pouze dvou technologií, Wi-Fi a nebo GSM síť. Z důvodu, že GSM není vhodné pro přenos velkých datových toků (streamování videa), jsem se tedy rozhodl použít k přenosu dat technologii Wi-Fi pomocí USB modulu TP-LINK TL-WN722N.

Pro detekci překážek jsem se rozhodl využít ultrazvukový dálkoměr SRF04. A to především proto, že výkonnější dálkoměr není potřeba a při měření vzdálenějších objektů jsou tato měření nepřesná, viz předchozí kapitola.

Nejideálnějším řešením pro zachytávání videa by bylo využít Raspberry Pi kamerového modulu. Ten však ale v době vývoje robotu a psaní bakalářské práce ještě nebyl dostupný. Proto jsem se rozhodl využít webové kamery Logitech C270 HD připojené do USB konektoru. Kamera podporuje HD rozlišení a s kvalitou obrazu by tedy neměl být problém.

3.3 Model zapojení

Blokové schéma robotu je zobrazeno na obrázku 3.2. Pro zajištění bezproblémového chodu řídicí jednotky jsou použity dvě oddělené baterie. Již výše zmiňovaná baterie pro pohon a Li-Pol dvoučlávková baterie o kapacitě 2200mAh a napětí 7,4V pro řídicí část robotu.



Obrázek 3.2: Model zapojení.

Napájený externí USB rozbočovač je použit kvůli řídicí jednotce Raspberry Pi, která má omezený proud pro USB porty. Některá zařízení, jež mají větší odběr proudu (př. Wi-Fi adaptér), mají potom problémy s činností a je nutno je externě napájet. Řídicí jednotka dále ovládá přídatná zařízení pomocí I^2C sběrnice.

3.3.1 Napájecí zdroj

Pro dostatečný přísun energie pro zařízení, která pracují na napětí 5V (řídící jednotka, servomotory atd.), bude zapotřebí navrhnout a následně zkonstruovat napájecí zdroj. Schopný pracovat při vstupním napětí v rozmezí 6.6V (minimální hodnota zvolené baterie) po 8.4V. Optimální výstupní parametry zdroje jsou stanoveny na stabilizovaných 5V a proudu 3A.

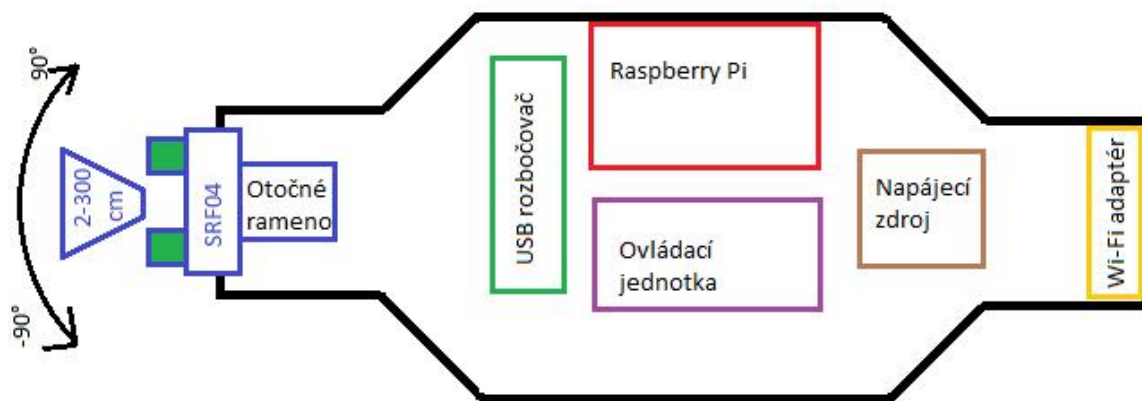
3.3.2 Ovládací jednotka

Pro potřebu přesného ovládání servomotorů a získávání údajů z ultrazvukových dálkoměrů bude potřeba navrhnout a vytvořit ovládací jednotku, která bude disponovat vestavěným mikroprocesorem. Jednotka by měla být schopna řízení až šesti modelářských servomotorů. Provádět přesné měření ultrazvukovým dálkoměrem a komunikovat s řídící jednotkou pomocí sběrnice I^2C . Z důvodu kompatibility s řídící jednotkou však bude obsahovat převodník logických úrovní z 5V (ovládací deska, servomotory, dálkoměr) na 3.3V (Raspberry Pi). Pro možné připojení dalších zařízení bude obsahovat konektory sběrnice I^2C pro 5V i 3.3V.

3.4 Rozložení

Pro umístění veškerého příslušenství na podvozek (viz. obrázek 3.3) byla vytvořena deska z čírého plexiskla. Tvar desky kopíruje tvar spodního podvozku a rozměry jsou též shodné s podvozkem. V desce jsou vyvrtány potřebné montážní otvory pro přišroubování veškerého vybavení a otvory pro průchod kabelů ze spodní části podvozku do vrchní.

V přední části se nachází pohyblivé rameno, které je tvořeno dvěma miniaturními modelářskými servomotory. Rameno je schopno pohybovat se o 90° ve vodorovné i vertikální ose. Na vrchu tohoto ramena je umístěna webová kamera Logitech C270 a ultrazvukový dálkoměr SRF04. Díky tomuto ramenu bude robot schopný si prohlédnout své okolí bez nutnosti složitě měnit svou polohu.



Obrázek 3.3: Schéma rozložení zařízení na robotu.

Kapitola 4

Konstrukce

V předchozí kapitole jsme se zabývali návrhem robotu a jeho částí. Stanovili jsme si základní parametry, které vyžadujeme od vytvářených obvodů. V této kapitole si projdeme jejich návrh od vytvoření schématu zapojení až po návržení desky plošného spoje.

4.1 Napájecí zdroj

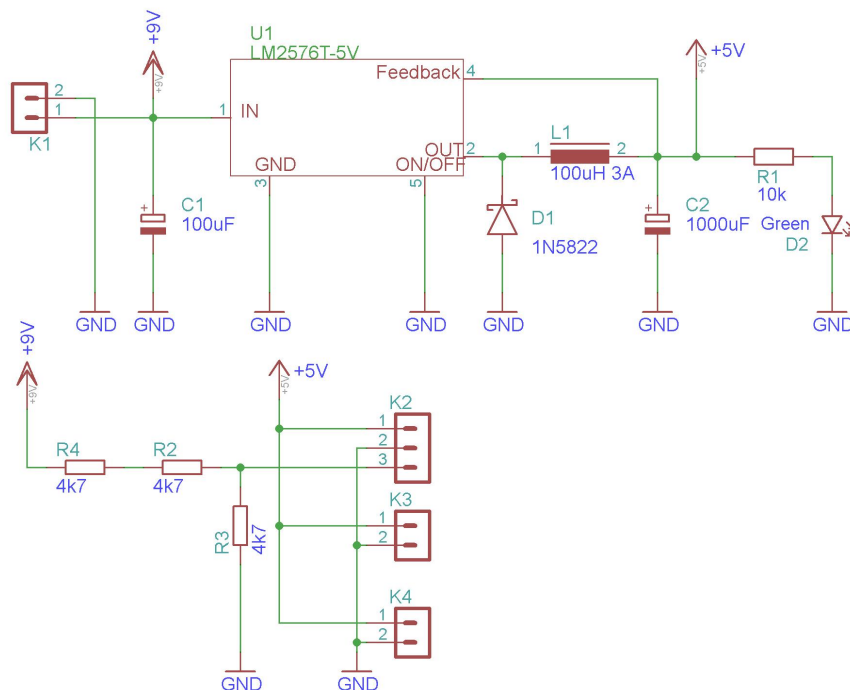
Zdroj bude napájet tři zařízení Raspberry Pi, řídicí jednotku (ta dále napájí modelářské servomotory) a USB rozbočovač. Aby byl dostatek energie, je potřeba napájecí zdroj vytvořit dostatečně silný. Rozhodl jsem se tedy místo známé varianty se stabilizátorem napětí 7805 použít spínaný regulátor napětí *LM2576t-5*, jehož základní vlastnosti jsou v tabulce 4.1.

Vlastnost	Hodnota
Výstupní napětí	5V
Výstupní proud	3A
Frekvence oscilátoru	52kHz
Účinnost:	77%
Max. vstupní napětí	45V
Provozní teplota	-40..125°C
Pouzdro	TO220-5

Tabulka 4.1: Vlastnosti regulátoru napětí LM2576t-5 [9].

4.1.1 Schéma zapojení

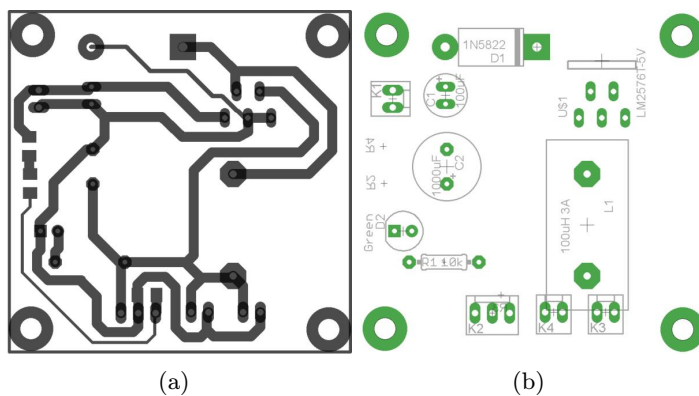
Na obrázku 4.1 je znázorněno schéma zapojení napájecího zdroje a v tabulce 4.2 jsou potřebné součástky a jejich hodnoty. Samotné zapojení regulátoru *LM2576t-5* bylo převzato z katalogu součástky [9] a byla přidána stavová LED D2. U napájecího zdroje se nachází napěťový dělič v poměru 1:3 z napětí připojené baterie. Dělené napětí je zde připravené pro možné měření AD převodníkem. Ten je možné připojit jako přídatné zařízení pomocí I^2C sběrnice.



Obrázek 4.1: Schéma napájecího zdroje.

4.1.2 Deska plošného spoje

Byla navržena jednostranná deska plošného spoje v programu Eagle pro rozměr 5 x 5 cm. Většina součástek je klasického typu s výjimkou odporů napěťového děliče R2, R3 a R4, které jsou v SMD provedení. Konektory pro připojení dalších zařízení jsou se zámkem, aby nebylo možné při zapojení zaměnit polaritu. Na regulátor napětí byly umístěny dva hliníkové chladiče pro zajištění lepšího odvodu tepla.



Obrázek 4.2: Návrh plošného spoje, osazovací výkres.

4.1.3 Seznam součástek

Rezistor R1 je klasický s drátovými vývody a ostatní rezistory jsou v SMD provedení. Kondenzátory jsou elektrolytické a slouží v obvodu jako vstupní a výstupní buffer. D1 je ochranná dioda proti přepólování a D2 slouží jako signalizace funkčnosti zdroje. Tlumivka L1 je zvolena pro maximální proud 3A a jedná se o součástku, která je volitelná v případě předpokládaného nižšího zatížení regulátoru. Konektory byly zvoleny standardní se zámkem (další ochrana přepólování) s roztečí 2,54mm.

Značka	Hodnota	Vlastnost
R1	10k Ω	0.25W, 5%
R2, R3, R4	4k7 Ω	SMD 1206, 1%
C1	100u	elektrolyt, 16V, 7,5mm
C2	1000u	elektrolyt, 16V, 11mm
D1	1N5822	3A
D2	LED zelená	3mm
L1	100uH	3A
U1	LM256T-5V	spínaný regulátor napětí 5V
K1, K3, K4	2-pin	se zámkem
K2	3-pin	se zámkem

Tabulka 4.2: Tabulka použitých součástek napájecího zdroje.

4.2 Ovládací jednotka

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, ovládací jednotka bude sloužit k řízení modelářských servomotorů a měření pomocí ultrazvukového dálkoměru. Ke komunikaci s řídicí jednotkou bude využívat I^2C sběrnice a bude také obsahovat převodník logických úrovní z 5V na 3,3V. Pro zpracovávání řídicích signálů z řídicí jednotky je potřeba vybrat vhodný mikroprocesor. Pro správný výběr si musíme spočítat minimální počet programovatelných pinů, které budeme potřebovat a to: 6x pro servomotor, 2x komunikační sběrnice, 2x senzor. Z důvodu, že nebudeme potřebovat mnoho ovladatelných vývodů procesoru, jsem se rozhodl ovládací jednotku postavit na mikroprocesoru Atmel Attiny2313-20PU, jehož vlastnosti jsou popsány v tabulce 4.3. Pro snadnější údržbu a ladění aplikace mikroprocesoru bude na desku umístěn i programovací konektor.

Vlastnost	Hodnota
Počet pinů	20
Napájení	2,7V - 5,5V
Typ paměti programu	Flash
Maximální frekvence	20MHz
Kapacita paměti programu	2KB
Kapacita EEPROM paměti	128B
Kapacita RAM paměti	128B
Čítač/Časovač	1x8bit, 1x16bit
Podpora HW PWM	4 piny
A/D komparátor	8bit
Pouzdro	DIL20
Ostatní	USI, UART, I^2C , externí přerušení

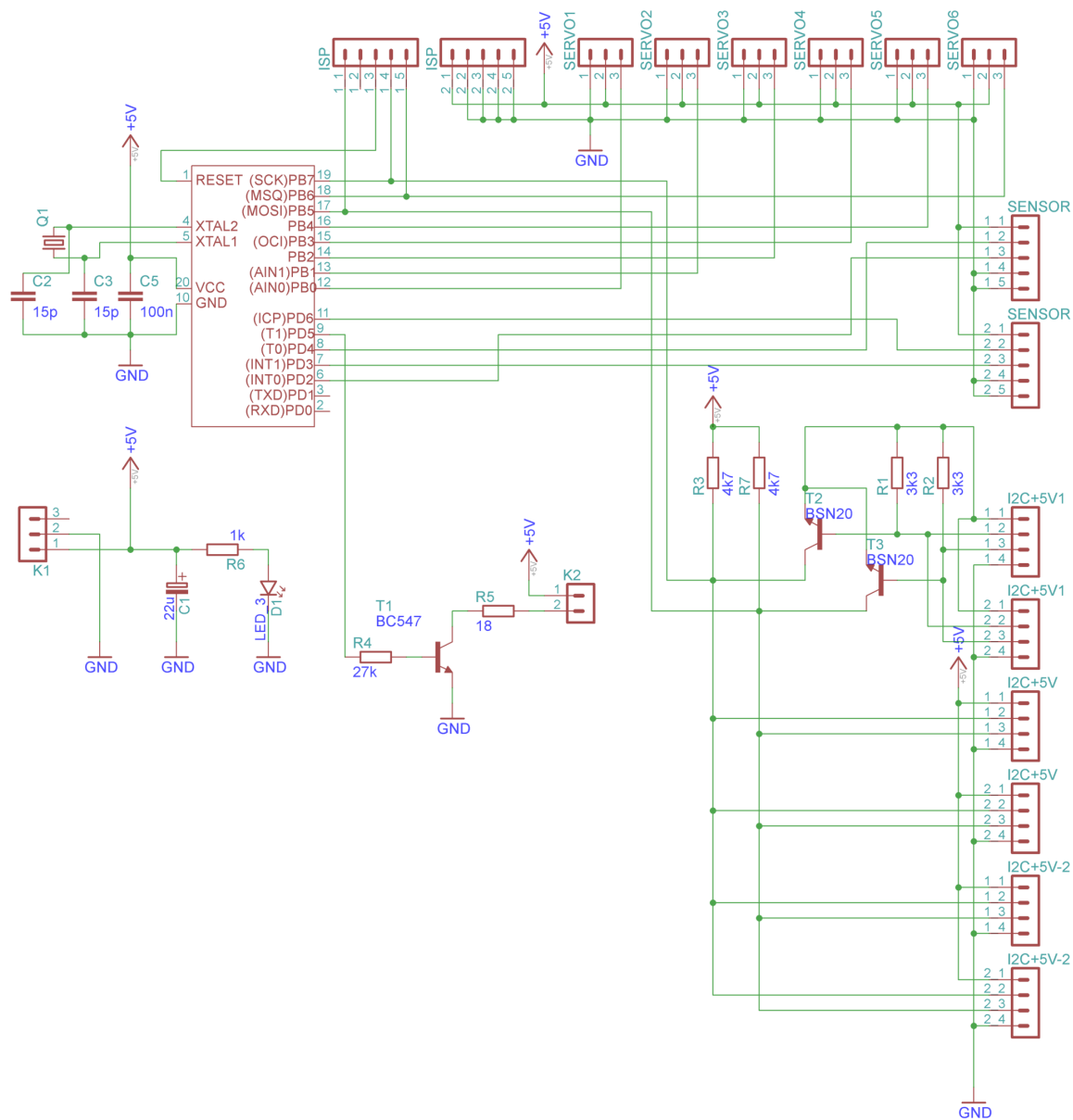
Tabulka 4.3: Vlastnosti mikroprocesoru Attiny2313 [2].

4.2.1 Schéma zapojení

Ovládací jednotka obsahuje šest I^2C konektorů pro připojení dalších přídavných zařízení. Z těchto šesti konektorů jsou čtyři pro 5V zařízení a zbylé dvě pro 3,3V zařízení. Převodník I^2C sběrnice na 3,3V je tvořen dvěma unipolárními N-kanálovými tranzistory BSN20 v SMD provedení. Pro zesílení signálu jsou zde čtyři rezistory taktéž v SMD provedení. Samotné zapojení napěťového převodníku logických úrovní bylo převzato z katalogu tranzistorů [11].

V zapojení je počítáno s využitím externího oscilátoru hodinového signálu, díky kterému by bylo možné docílit přesnějšího výsledku měření pomocí ultrazvukového dálkoměru. Ve vyrobené variantě však nebyl osazen a je používán vnitřní oscilátor procesoru.

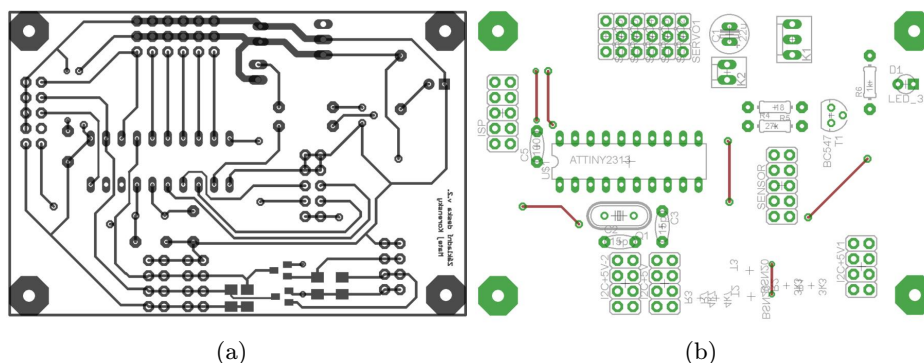
Díky přebytku programovatelných pinů procesoru byl do zapojení přidán spínač pro vyšší odběr, který lze použít například pro zapojení LED diod k osvětlení robotu ve tmě. Jako spínací tranzistor byl použit BC537. Umístěný odpor R5 byl vypočítán pro využití spolu s šesti LED diodami běžného typu (3,4V 20mA).



Obrázek 4.3: Schéma zapojení ovládací jednotky.

4.2.2 Deska plošného spoje

Byla použita jednostranná kupřetitová destička, která má rozměry 70 x 45 mm. V rozích jsou umístěny díry, pro montáž vrtané 3mm vrtákem. Na destičce se nachází několik propojovacích drátů, které nahrazují nutnost použít dvoustranné destičky. Konektory jsou, pro lepší přehlednost při zapojování, umístěny v krajích a v těsné blízkosti stejné funkčních konektorů.



Obrázek 4.4: Deska plošného spoje a osazovací výkres ovládací jednotky.

4.2.3 Seznam součástek

Rezistory R1, R2, R3, R7 jsou v provedení SMD a zajišťují funkčnost převodníku logických úrovní. Ostatní rezistory jsou standardní s drátovými vývody. Kondenzátory C3, C4 jsou volitelné podle zvoleného krystalu. Konektory jsou použity standardní s roztečí 2,54mm.

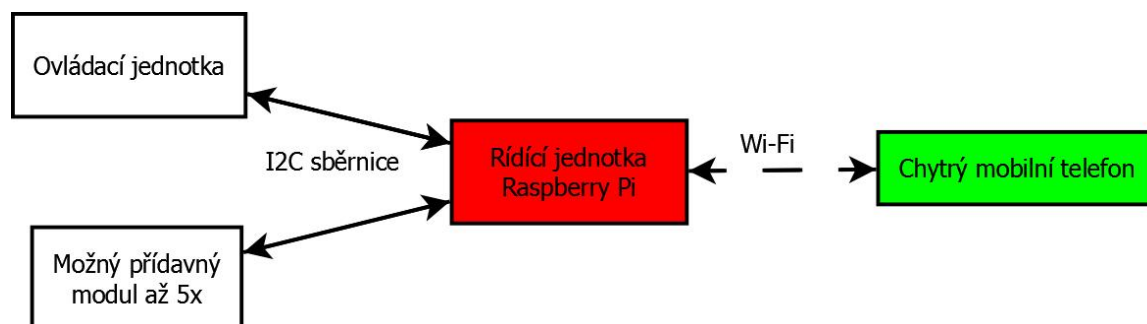
Značka	Hodnota	Vlastnost
R1, R2	3k3	SMD 1206, 1%
R3, R7	4k7	SMD 1206, 1%
R4	27k	0.25W, 5%
R5	18	0.25W, 5%
R6	1k	0.25W, 5%
C1	22u	elektrolyt, 16V, 5mm
C3, C4	15p	keramický, 16V, 11mm
C5	100n	keramický, 16V, 11mm
T1	BC547	150mA, NPN
T2, T3	BSN20	SMD
D1	LED zelená	3mm
Q1	20MHz	
K1, SERVO1 - SERVO6	3-pin	
I2C+5, I2C5v1, I2C3v2	4-pin	dvouřadé
ISP, SENSOR	5-pin	dvouřadé

Tabulka 4.4: Tabulka použitých součástek ovládací jednotky.

Kapitola 5

Programové řešení

Celková koncepce ovládání a vzájemné komunikace se skládá z ovládací jednotky, řídicí jednotky (Raspberry Pi) a ovládací aplikace v chytrém telefonu. Na obrázku 5.1 můžeme spatřit závislost mezi jednotkami a použitou technologii přenosu dat mezi nimi. Rozšiřujícími moduly se budeme zabírat v sedmé kapitole bakalářské práce.



Obrázek 5.1: Základní koncepce řízení.

5.1 Firmware pro ovládací jednotku

Firmware pro Atmel Attiny2313 je napsán v jazyku C ve vývojovém prostředí Atmel studio verze 6.1 . Pro nahrávání firmware byl použit program Extreme Burner AVR, který je kompatibilní s použitým programátorem pro mikroprocesory rodiny AVR USBasp 2.0.

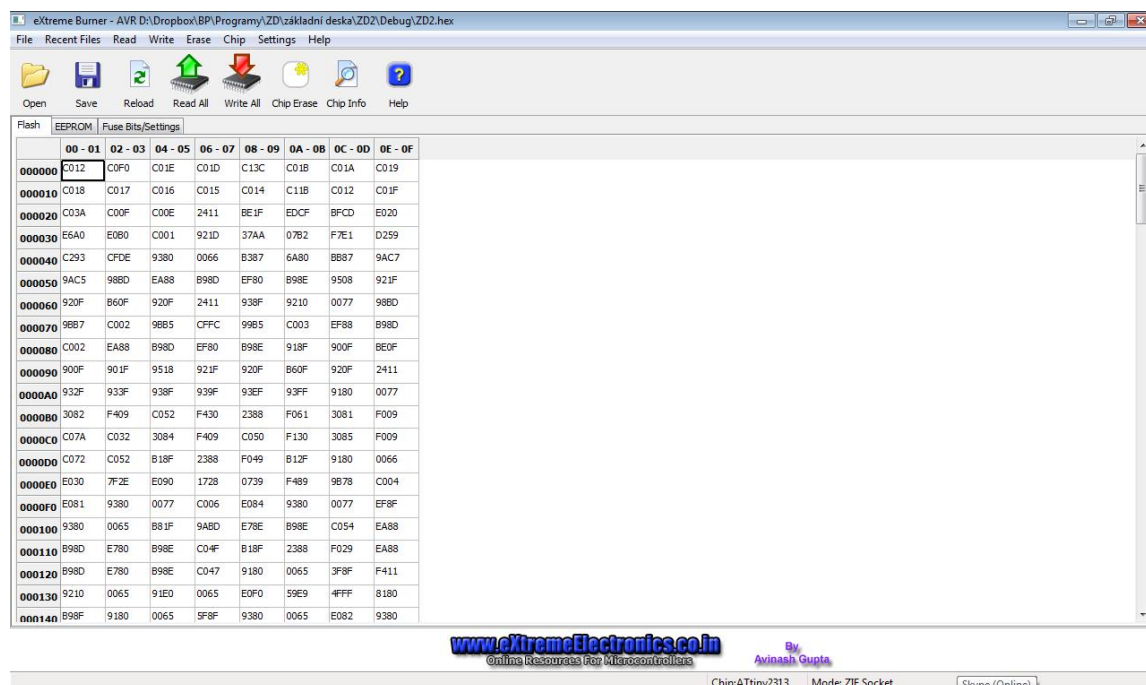
5.1.1 Vývojové prostředí Atmel Studio 6.1.

Jedná se o volně dostupné programové prostředí z dílny firmy Atmel. Prostředí využívá jako základ Microsoft Visual studio, které je upraveno pro použití s AVR mikroprocesory. K základním funkcím běžného vývojového prostředí zde přibývají i pokročilé funkce simulující běh podporujících vývojových kitů nebo programátorů. V mém případě však studio sloužilo jen pro psaní kódu a jeho následný překlad. K samotnému nahrání firmware jsem používal volně dostupný program Extreme Burner AVR.

5.1.2 Extreme Burner AVR

Program s grafickou podporou pro zápis/čtení prostřednictvím programátoru USBasp. Zdarma ke stažení na adrese <http://www.extremeelectronics.co.in>. Grafické prostředí programu umožňuje snadné a intuitivní ovládání veškerých funkcí programu. **Základní vlastnosti:**

- Editace načteného hexa-kódu
- Čtení/zápis/mazání Flash a EEPROM paměti
- Kalkulátor nastavení pojistek mikroprocesoru
- Načtení/editování/zapsání nově nastavených pojistek
- Podporuje komunikaci po sériové lince a obsahuje vestavěný terminál



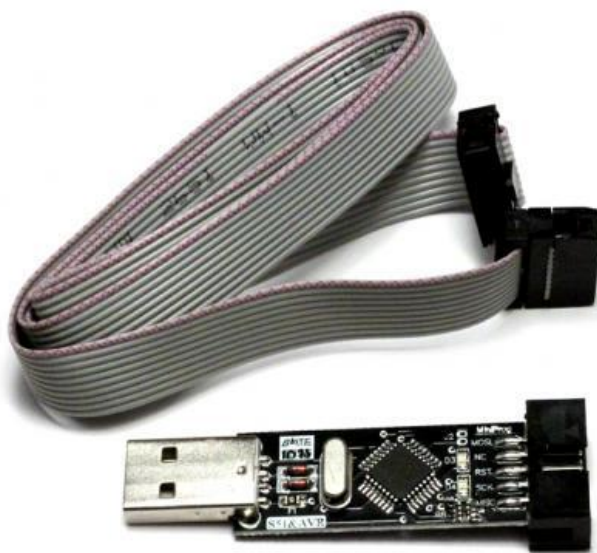
Obrázek 5.2: Program Extreme Burner AVR.

5.1.3 Programátor USBasp 2.0

Tento jednoduchý a malý programátor se hodí pro začátečníky elektrotechniky, kteří chtějí začít pracovat s mikroprocesory firmy Atmel. Programátor je připojitelný k počítači pomocí USB konektoru, ze kterého je i napájen celý projekt. Programátor je vyvíjen jako otevřený projekt a jsou k dispozici schémata zapojení a zdrojové kódy firmware, každý si jej může upravit podle vlastních představ.

Základní vlastnosti:

- Rozhraní USB
- Podpora napájení koncových systémů 3,3V a 5V
- Podpora rodin procesorů ATMEL, AVR 51, ATmega, ATtiny, ATMEGA8, ATMEGA128 a mnoho dalších
- Čtení a zápis EEPROM, flash, fuse bits a uzamykací bity
- Podpora vývojových kitů Protostack 28, AVR Development Board a Protostack ATMEGA8 Development Kit
- Kompatibilní s programy AVRdude od verze 5.2, BASCOM-AVR, Khazama AVR, eXtreme Burner
- Ovladače pro: Windows, Mac OS a Linux
- 5KB/s zápisová rychlost
- 10pin ISP rozhraní

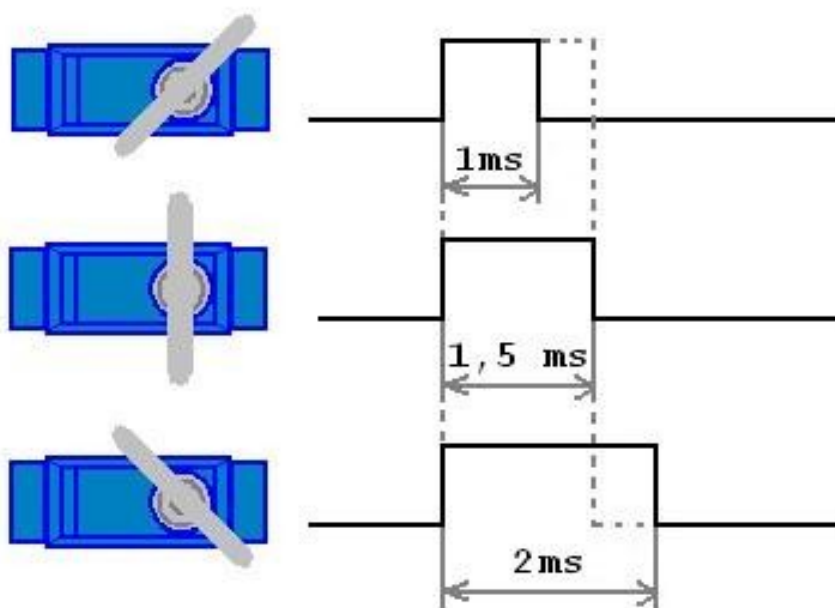


Obrázek 5.3: Programátor USBasp.

5.1.4 Ovládání modelářského servomotoru

Modelářský servomotor je malé elektronické zařízení, které má za úkol otáčet svým ramenem. Většinou jej můžeme nalézt v modelech letadel, aut, lodí atd. Skládá se z malé převodovky. Tyto převodovky jsou navrženy tak, aby mohly převádět vysoké otáčky motoru do relativně velké síly. Většina servomotorů má tuto převodovku z levných lehkých a plastových dílů. U silnějších servomotorů se používají díly kovové. Převodovku pohání malý stejnosměrný elektromotor, který je napájen od 3,8V do 6V (zvolené napětí mění vlastnosti servomotoru). Pro ovládání servomotoru je zde řídicí elektronika, porovnávající zpětnou vazbu z potenciometru, který je připojen k poslednímu ozubenému kolu převodovky se vstupním signálem. Levnější servomotory tuto řídicí elektroniku mají analogovou a kvalitnější jsou vybaveny elektronikou digitální, která umožňuje zpětné zasílání právě nastavené hodnoty servomotoru.

Samotné ovládání servomotorů je zajištěno signálem zobrazeným na obrázku 5.4. Jedná se o signál s kladným pulsem v rozmezí 0.5ms, které odpovídá krajní poloze 0°, 1,5ms je výchozí poloha servomotoru, odpovídající 90°, až po 2.5ms, která odpovídá krajní poloze 180°. Tento signál pro řízení servomotoru je potřeba vysílat o frekvenci 50Hz (50x za sekundu nebo každých 20ms).

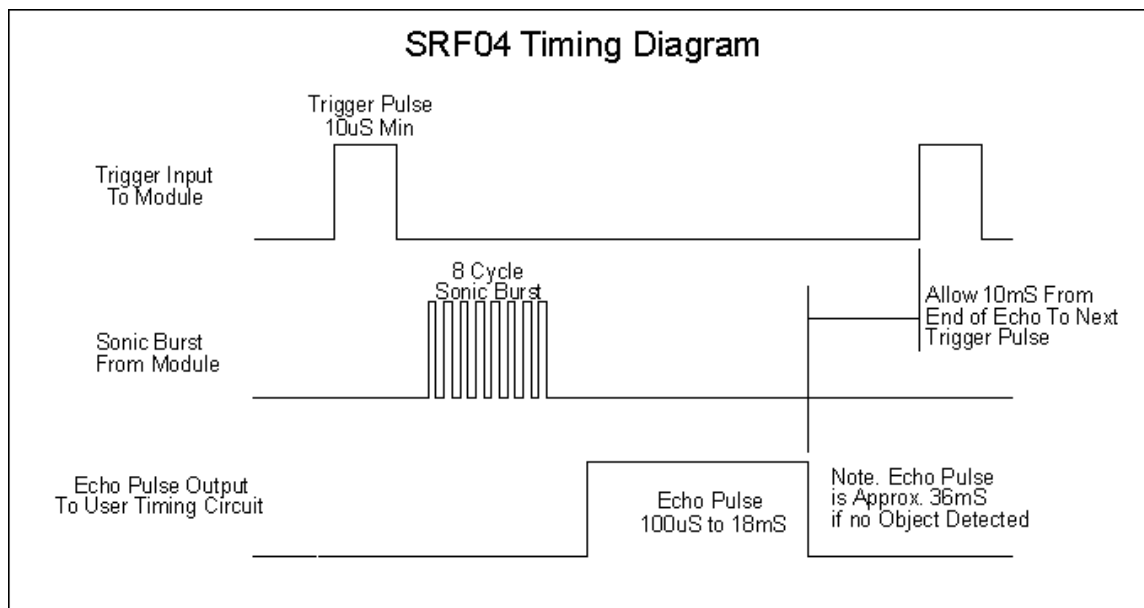


Obrázek 5.4: Polohy servomotoru.

Pro ovládání servomotorů je v mikroprocesoru vyčleněn 16 bitový časovač, který v každých 20 milisekundách provede aktualizaci všech šesti servomotorů. Celý cyklus začíná načtením příslušné hodnoty prvního servomotoru. Následuje uložení této hodnoty do porovnávaného registru *OCR1A*, nastavení pinu servomotoru na logickou jedničku a vynulování časovače. Po přetečení časovače dojde k přerušení a pin příslušného servomotoru nastavíme na nulu. Celé řízení je tedy prováděno od samého začátku pouze na základě přerušení při přetečení od časovače. Každý servomotor má vlastní zápisový registr, do kterého se může řídicí jednotka pomocí *I²C* sběrnice připojit a nahrát aktualizovanou hodnotu.

5.1.5 Ultrazvukový dálkoměr

Zvolený ultrazvukový dálkoměr SRF04 se ovládá za pomoci dvou signálů. Zbylé dva vývody jsou určené pro napájení +5V a uzemnění GND. Signál Trigger slouží k započetí měřicího cyklu. Ten provedeme přivedením impulsu o délce 10us. Po této akci začne dálkoměr vysílat několik zvukových vln. Poté, co dálkoměr dokončí měření, nastaví druhý řídicí pin Echo na logickou jedničku o délce úměrné vzdálenosti objektu. Signál delší, jak 25ms znamená, že žádný objekt nenalezl. Na obrázku 5.5 je detailně znázorněn průběh spuštění měření, provedení měření a výsledný impuls [19].



Obrázek 5.5: Průběh měřicího cyklu dálkoměru [19].

Pro měření Echo signálu je využit pin procesoru, ze kterého je podporováno přerušení externím zdrojem. Po zjištění přerušení od dálkoměru se aktivuje časovač, který je nastaven na inkrementaci o jedničku každou us. Mikroprocesor bohužel obsahuje pouze jeden šestnáctibitový časovač, který je již využit u ovládání servomotorů. Pro dálkoměr je tedy využit osmibitový časovač. Je tedy zaznamenáváno každé přetečení časovače a následně je celková délka signálu vypočítávána. Tímto bohužel dochází k určitému zneprecnění měření.

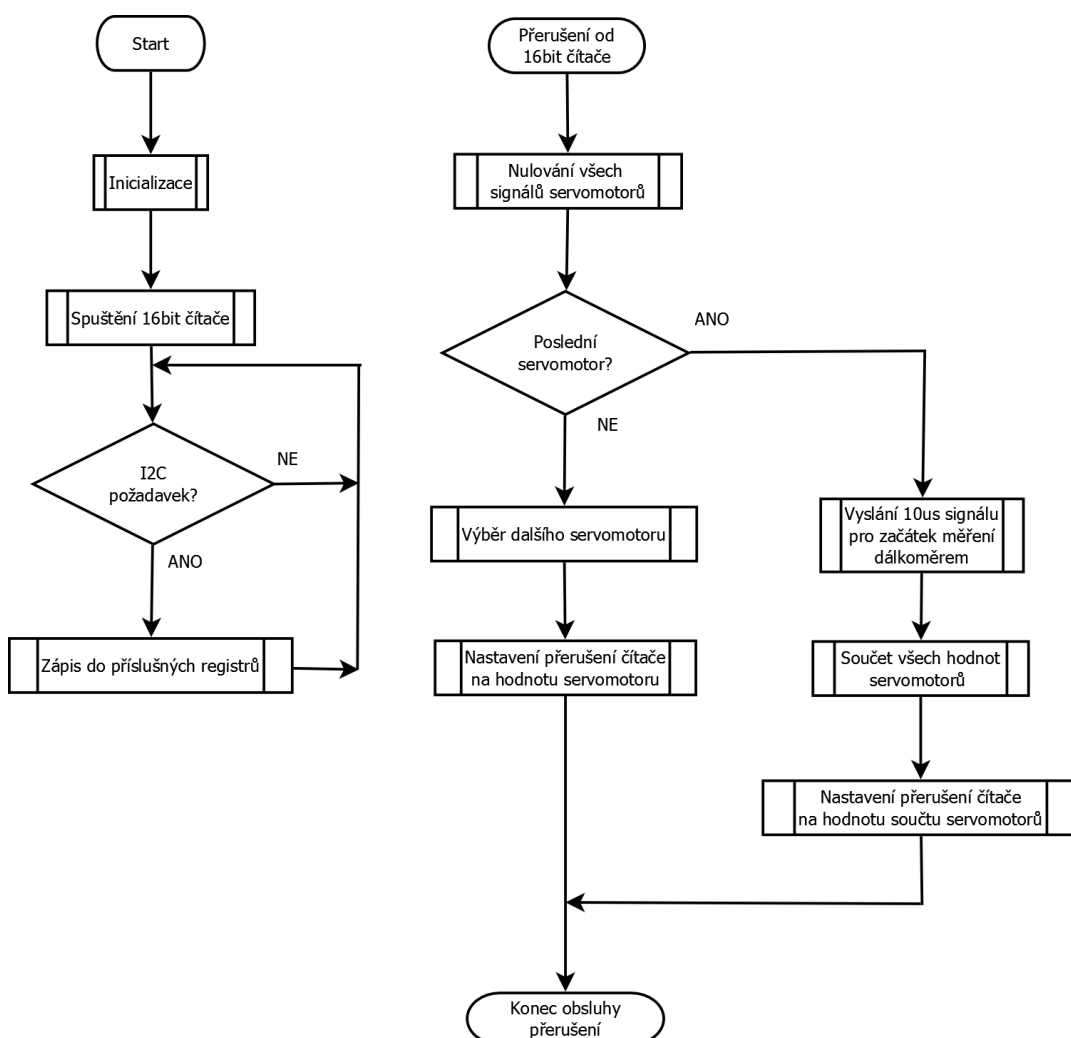
$$x[cm] = \frac{y * 255 + z}{58}$$

Následný výpočet vzdálenosti je prováděn vzorcem, který je vyobrazen výše. Hodnota x představuje výslednou vzdálenost od objektu v centimetrech. Proměnná y obsahuje počet přetečení časovače a z obsahuje aktuální načtenou hodnotu časovače.

5.1.6 Řídící software

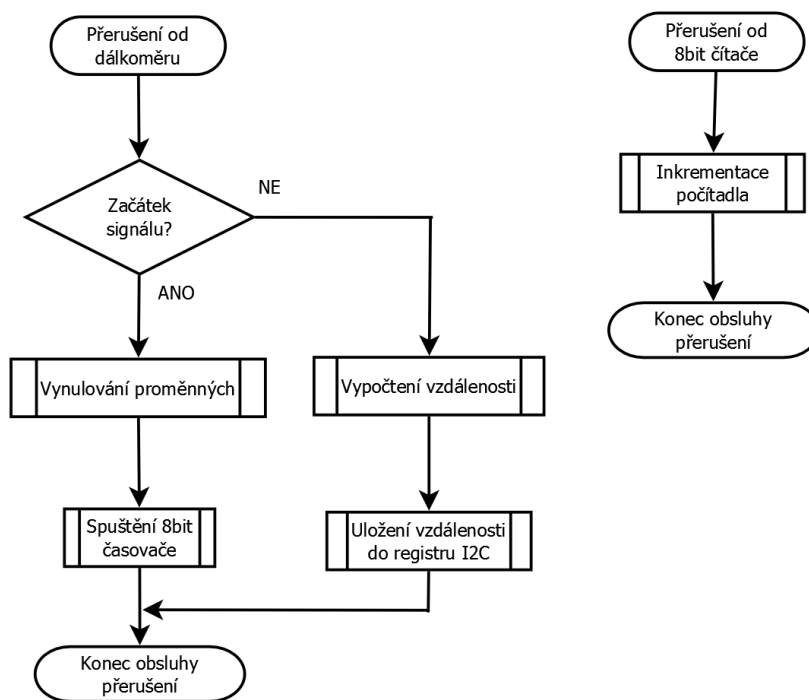
Na obrázku 5.6 je znázorněn vývojový diagram pro začátek programu, kdy je provedena inicializace. Inicializace zahrnuje nastavení zaměření pinů (vstup nebo výstup) a inicializaci šestnáctibitového časovače. Tomu je nastaven režim čítání a přerušení při shodě. Předdělička je nastavena na dělení osmi. Pracovní frekvence mikroprocesoru je 8MHz, tudíž časovač bude provádět inkrementaci každou jednu mikrosekundu. Časovači je poté nastavena počáteční hodnota přetečení 65 000. Vyčká tedy 65ms, než začne ovládat servomotory. Příjem zpráv po sběrnici je prováděn nezávisle na ostatních operacích a je rovnou ukládán do proměnných servomotorů.

Při přerušení od šestnáctibitového časovače se vynulují piny servomotorů a následuje vybrání následujícího registru servomotoru. Hodnota registru je nastavena do *OCT0A* a celý cyklus se opakuje. Pokud proběhl cyklus generování signálů pro všechny servomotory, odešle se impuls pro začátek měření dálkoměrem a další přerušení od šestnáctibitového časovače se nastaví na součet servomotorů minus 20000 pro zajištění frekvence opakování 50Hz [6].



Obrázek 5.6: Vývojový diagram ovládací jednotky 1. část.

Na obrázku 5.7 je možné vidět vývojový diagram pro přerušení, které aktivuje začátek vysílání výsledného měření dálkoměru. V tomto přerušení je aktivován osmibitový časovač, který je nastaven na inkrementaci o jedničku každou mikrosekundu (předdělička osm, 8MHz frekvence procesoru). Přerušení od dálkoměru nastává také v případě, že dojde k ukončení vysílaného impulsu. Je tedy vypočtena vzdálenost, která je následně uložena do registru sběrnice.



Obrázek 5.7: Vývojový diagram ovládací jednotky 2. část.

5.1.7 Způsob řízení

Ovládací jednotka pracuje na adrese 0x1A a je ovládána pomocí registrů, které jsou zapsány v tabulce 5.1.

Název	Adresa
Rozsvícení LED	0x00
Servo 1	0x01
Servo 2	0x02
Servo 3	0x03
Servo 4	0x04
Servo 5	0x05
Servo 6	0x06
Vzdálenost	0x07

Tabulka 5.1: Tabulka ovládacích registrů na sběrnici

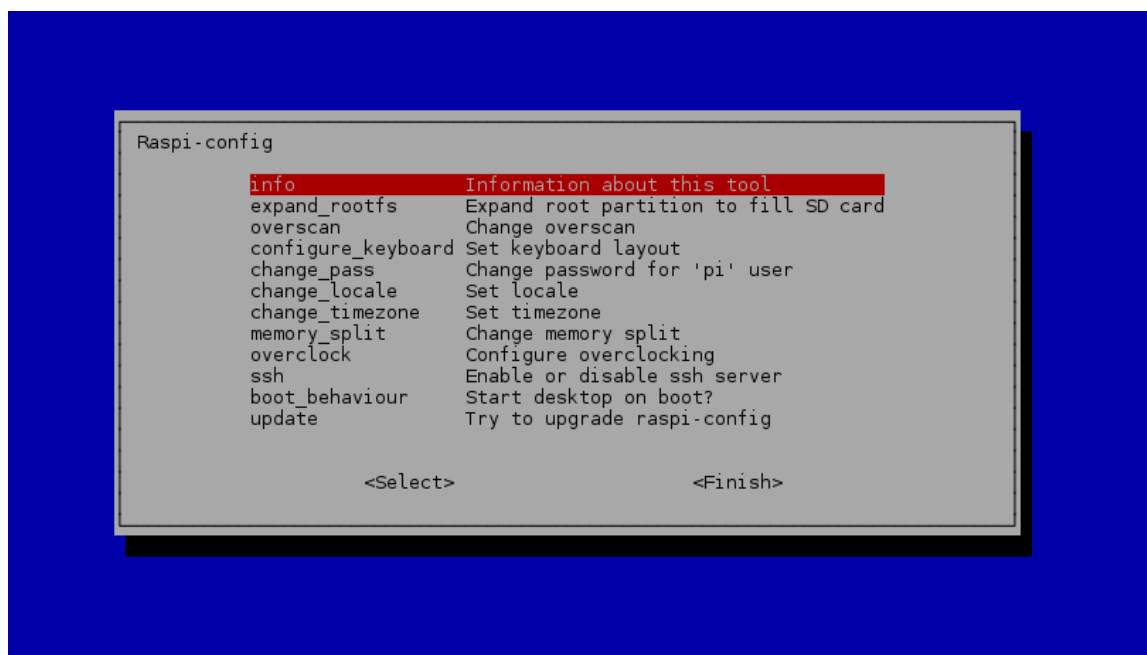
5.2 Řídící jednotka

Jako řídící jednotka byl vybrán miniaturní počítač Raspberry Pi. Před použitím minipočítače je potřeba vybrat a nahrát operační systém, který se nahrává na paměťovou kartu. V tomto případě je zvolen oficiálně podporovaný operační systém linux Raspbian. Jedná se o zmenšenou verzi distribuce Debian s přidánými ovladači pro Raspberry Pi. Operační systém je zapotřebí nahrát na paměťovou kartu, v našem případě SDHC 4GB.

Vytvoření paměťové karty na OS Windows:

1. Stažení operačního systému, který je dostupný na <http://www.raspberrypi.org/downloads>
2. Rozbalení staženého zip souboru a vložení paměťové karty do počítače
3. Stažení Win32DiskImager z adresy <https://launchpad.net/win32-image-writer>
4. Spustit Win32DiskImager, vybrat paměťovou kartu a OS, spustit proces nahrávání
5. Vložit paměťovou kartu do Raspberry Pi a připojit napájecí kabel

Pro první spuštění budeme dále potřebovat monitor připojený pomocí HDMI kabelu a klávesnici. Při prvním spuštění je totiž prováděno základní nastavení systému, které nelze udělat na dálku (např. SSH připojení). Na obrázku 5.8 je znázorněno prvotní nastavení OS Raspbian. Zde je možné změnit heslo k hlavnímu uživatelskému účtu, a dále také změnit nastavení klávesnice a času. Pro nás je především důležité aktivování SSH serveru, díky kterému již nebudeme potřebovat /(doposud) připojený monitor ani klávesnici.



Obrázek 5.8: První spuštění OS Raspbian.

5.2.1 Nastavení přístupového bodu Wi-Fi

Pro zajištění komunikace robotu s ovládacím zařízením je potřeba vytvořit Wi-Fi přístupový bod, který bude umožňovat chytrému telefonu připojit se k síti robotu.

Stručný postup nastavení:

1. Stáhnout a nainstalovat `sudo apt-get install hostapd` pro podporu přístupového bodu
2. Nastavení statické IP adresy pro Raspberry Pi. Otevřeme soubor `nano /etc/network/interfaces` a zapíšeme do něj následující.

```
iface wlan0 inet static
    address 10.0.0.1
    netmask 255.255.255.0
```

3. Nyní je potřeba nastavit program `hostapd`. V souboru `/etc/default/hostapd` přidat položku `DEAMON_CONF = "/etc/hostapd/hostapd.conf"`
4. Vytvoření konfiguračního souboru `/etc/default/hostapd.conf`, do kterého zapíšeme následující text.

```
interface = wlan0#Pouitrozhran
driver = nl80211#Pouitprotokol(Wi-Fi)
ctrlinterface = /var/run/hostapd
ctrlinterfacegroup = 0#Parametryprohostapd
ssid = Robot
hwmode = g
vchannel = 8
wpa = 2
wpa_passphrase = RobotOnline
wpa_keymgmt = WPA-PSK
wpa_airwise = CCMP
rsn_airwise = CCMP
beacon_int = 100
auth_algs = 3
wmm_enabled = 1
```

5. Dále je potřeba nainstalovat DHCP server pro přidělování IP adres klientům `apt-get install dnsmasq` a nakonfigurovat: `nano /etc/dnsmasq.conf`

```
interface = wlan0
dhcp-range = 10.0.0.2, 10.0.0.5, 255.255.255.0, 12h
```

6. Následně již stačí pouze restartovat Raspberry Pi a měli bychom být schopni vidět vytvořenou síť **Robot** a připojit se heslem `RobotOnline`.

5.2.2 WiringPi

WiringPi je knihovna napsaná v jazyku C a distribuovaná pod GNU LGPLv3 licenci. Knihovna se skládá z hlavního jádra, zajišťujícího přímou komunikaci s hardware Raspberry Pi a dále z přídatných modulů, které rozšiřují funkcionalitu o např. ovládání LCD, UART atd.. Za pomoci této knihovny je možné snadno ovládat jakýkoliv GPIO pin Raspberry Pi bez nutnosti programování rozhraní, které zajišťuje komunikaci na nižší úrovni přímo s procesorem (zápis přímo do registrů procesoru).

Instalace knihovny:

1. Instalace podpory GIT, na kterém se knihovna nachází.
`sudo apt-get install git-core`
2. Dále je doporučeno provést aktualizaci systému příkazy.
`sudo apt-get update`
`sudo apt-get upgrade`
3. Vytvoření kopie knihovny na zařízení.
`git clone git://git.drogon.net/wiringPi`
4. Jako poslední krok je překlad a instalace knihovny pomocí přiloženého scriptu.
`cd wiringPi`
`./build`

Ve vyvíjeném řídicím programu je pro komunikaci s přídatnými zařízeními (včetně ovládací jednotky) použit modul knihovny pro podporu komunikace po sběrnici I^2C .

Nejdůležitější funkce modulu:

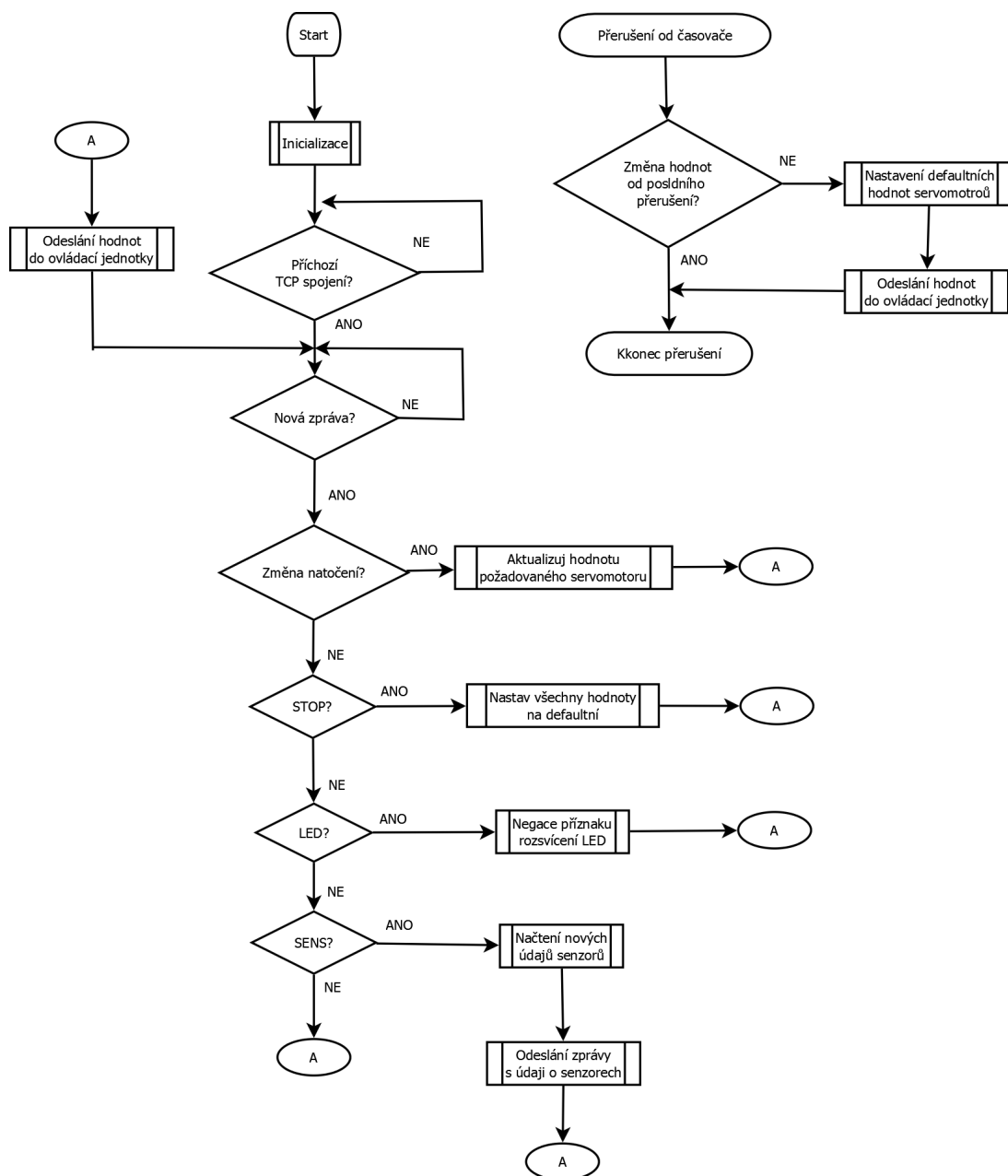
- `int fd = wiringPiI2CSetup(int devId);`
Inicializace spojení se slave zařízením na sběrnici. Proměnná **devId** obsahuje adresu přídatného zařízení (př. 0x1A v hexadecimálním zápisu). Návrátová hodnota je používána jako identifikátor inicializovaného zařízení.
- `int wiringPiI2CReadReg8(int fd, int reg);`
Čtení určitého registru připojeného slave zařízení. Proměnná **fd** obsahuje identifikátor inicializovaného zařízení, **reg** představuje adresu registru (0x00 až 0xFF) a jako návratová hodnota funkce je obsah čteného registru.
- `int wiringPiI2CWriteReg8(int fd, int reg, int data);`
Zápis do určitého registru připojeného slave zařízení. Proměnné **fd** a **reg** představují stejnou funkci jako u čtení z registru. Proměnná **data** představuje zapisovanou hodnotu do registru, která může nabývat pouze osmibitovou hodnotu (číslo 0 až 255).

5.2.3 Vývojový diagram

Na obrázku 5.9 je znázorněn vývojový diagram řídicího programu pro Raspberry Pi. Pro komunikaci s chytrým telefonem prostřednictvím Wi-Fi sítě je na Raspberry Pi vytvořen server, který naslouchá nad protokolem TCP a portem 5555.

Při spuštění řídicího programu nastává inicializace, kdy jsou nastaveny servomotory na defaultní hodnoty a je spuštěn časovač, který vyvolá přerušení každé tři sekundy. Časovač

zde působí jako ochranný prvek, aby se robot nepohyboval samovolně (ztráta signálu pro řízení atd.). Následuje nastavení TCP serveru a začátek naslouchání na portu 5555. Server akceptuje pouze jednoho připojeného klienta současně, aby nedocházelo k rušení řízení. Zpracováním přijatých zpráv je věnována následující podsekcce.



Obrázek 5.9: Vývojový diagram řídicího programu pro Raspberry Pi.

5.2.4 Druhy zpráv

Zprávy měnící polohu servomotorů

Zpráva má následující tvar **SRX:YYYY**, kdy **X** značí číslo servomotoru a nabývá hodnot od jedné do šesti včetně. **YYYY** obsahuje požadovanou délku impulsu v mikrosekundách. Řídící program zprávu vyhodnotí a do příslušné proměnné zapíše získanou hodnotu natočení. Poté je zavolána funkce na odeslání hodnot servomotorů ovládací jednotce.

Zpráva STOP

Jedná se o zprávu, která zapříčiní okamžité zastavení robotu, jež je uveden do defaultní (startovací) pozice. K zastavení veškeré činnosti také dochází při neaktivitě klienta nebo jeho odpojení.

Zpráva LED

Jedná se o požadavek na rozsvícení světel. Při příchodu zprávy se neguje příslušná proměnná (defaultně nastavena na zhasnuto).

Zpráva SENS

Zpráva s požadavkem na zaslání aktuálních hodnot ze senzorů. Po rozpoznání zprávy je zavolána funkce, která si z ovládací jednotky stáhne aktuální vzdálenost měřenou dálkoměrem. Tato funkce je dále rozšiřitelná v případě přidání dalších senzorů např. akcelerometr, měřič stavu baterie atd. Zpětně je klientovi zaslána zpráva se získanými parametry.

5.2.5 MJPEG Streamer

Zaznamenávání obrazu z kamery je zajištěno pomocí programu MJPEG Streamer. Tento program umí zachytávat z webové kamery video ve formátu MJPEG a následně jej zpřístupnit na vybraném portu.

Pro správný chod programu je potřeba nainstalovat *libv4l-dev*, *libjpeg8-dev*, *subversion* a *imagemagick*. Instalaci provedeme příkazem *sudo get-apt install*. Následné stažení pomocí svn adresáře *svn co https://mjpg-streamer.svn.sourceforge.net/svnroot/mjpg-streamer mjpg-streamer* a instalaci provedeme příkazem *make install*.

Při spouštění programu pomocí parametrů určíme základní chování. Nám bude stačit pouze základní nastavení. První přepínač definuje vstupní parametry **-i**, kde *input_uvc.so* je použitý kodek záznamu, **-d** výběr záznamového zařízení, **-r** rozlišení obrazu a **-f** udává maximální počet snímků za sekundu. Druhý přepínač **-o** udává výstupní vlastnosti, *output_http.so* udává, že výstup bude proveden http protokolem a přepínač **-p** udává, na jakém portu bude dostupný.

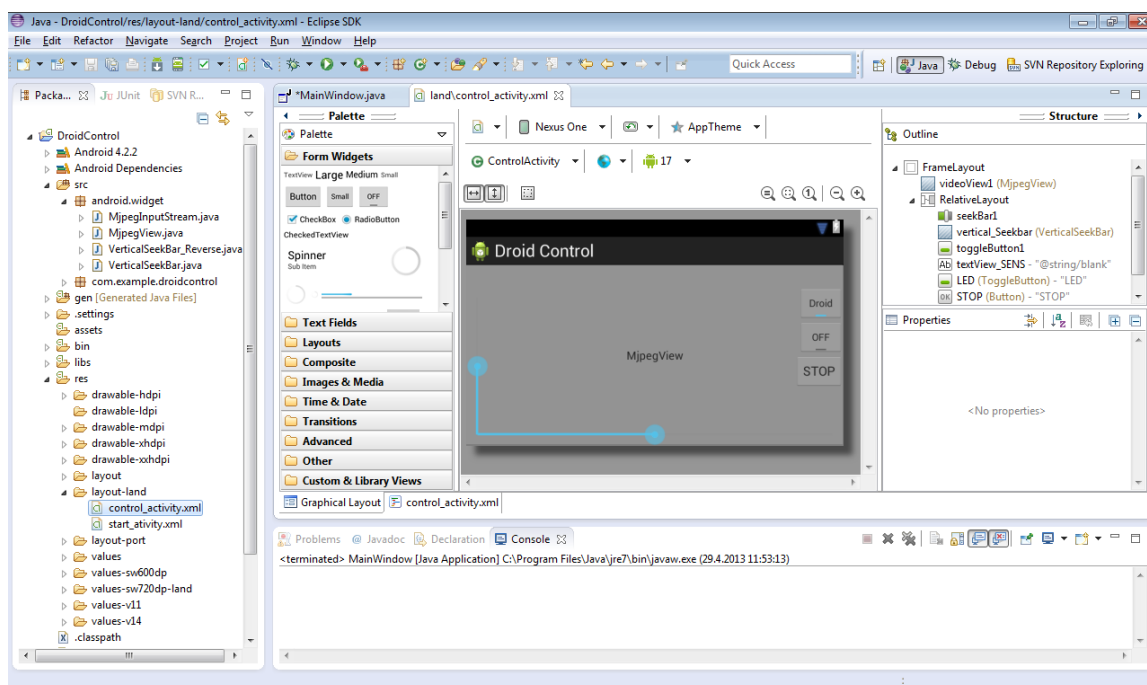
```
mjpg-streamer -i "/usr/lib/input_uvc.so -d /dev/video0 -r 320x240 -f 10" -o "/usr/lib/output_http.so -p 8090"
```

5.3 Aplikace pro OS Android

Android je rozsáhlá open source platforma, která vznikla především pro využití v mobilních telefonech, tabletech a navigacích. Dnes je to nejrychleji se rozšiřovatelný a nejpoužívanější operační systém pro mobilní zařízení. Operační systém je založen na jádru linuxu.

Pro vývoj aplikací pro operační systém Android se využívá ADT (Android Development Tools) plugin, který je určený pro vývojové prostředí Eclipse. ADT rozšiřuje možnosti Eclipse a dává tak kvalitní základ pro rychlou tvorbu Android aplikací. Přidává tak možnost grafického návrhu uživatelského prostředí, balíkový základ Android Framework API, debugger, simulátor zařízení a nebo také je možné místo simulátoru použít opravdové zařízení s OS Android.

ADT plugin je dodáván zdarma a je k dostání na adrese <http://developer.android.com/index.html>, kde nalezneme možnost stažení již upravené verze Eclipse s vloženým ADT pluginem nebo návod na instalaci do jakéhokoliv jiného vývojového prostředí. Následný vývoj aplikací je prováděn v jazyce Java s určitými modifikacemi pro využití na mobilních telefonech [7].

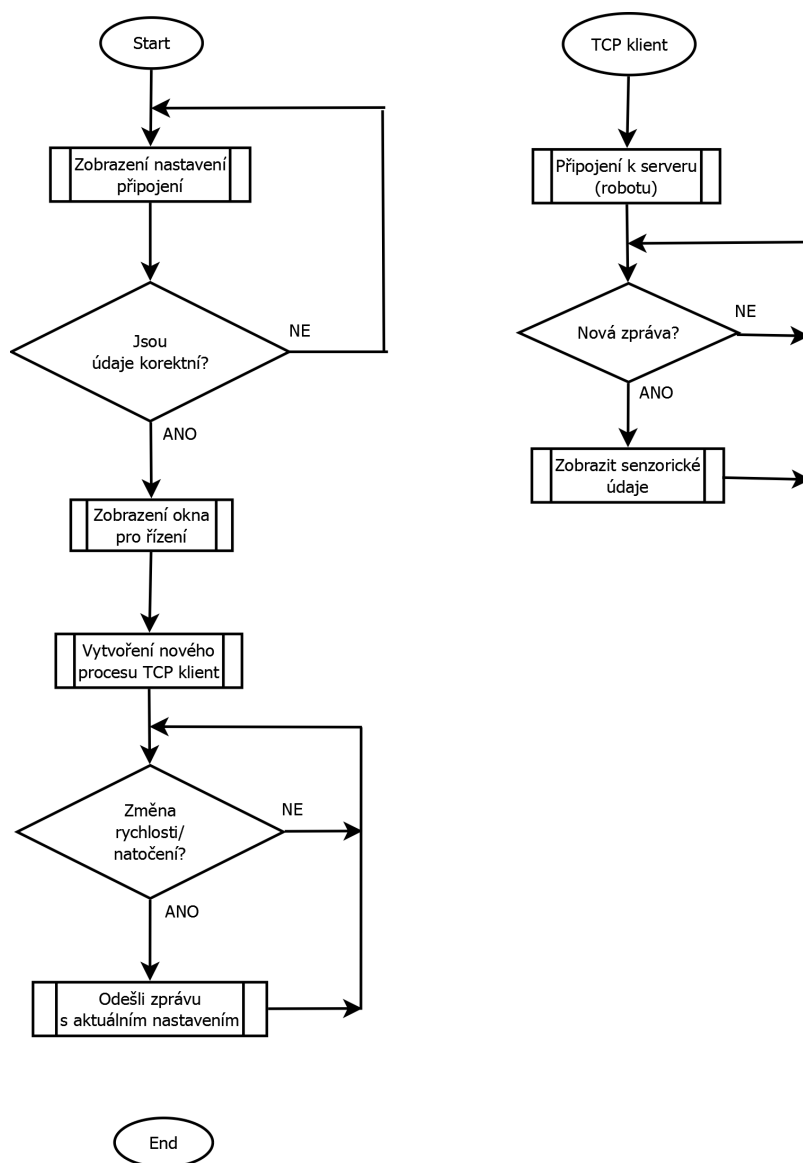


Obrázek 5.10: Eclipse IDE s ADT pluginem.

5.3.1 Vývojový diagram

Aplikace pro svůj běh využívá tři procesů. První je určen pro obsluhování grafického uživatelského rozhraní, a aby byla zajištěna rychlá odezva, jsou zde řešeny pouze základní operace. V první aktivitě (zobrazené okno) je ověření korektnosti zadaných údajů pro připojení k robotu a v druhé aktivitě je řešena aktualizace stavů jednotlivých prvků grafického uživatelského prostředí. Druhý proces je TCP klient, který rozšiřuje třídu `AsyncTask`. Jedná se o speciální druh nového procesu, který je využíván pro zajištění komunikace (naš případ TCP klient). TCP klient je spuštěn automaticky při startu druhé aktivity a je prováděn

na pozadí. Zajišťuje komunikaci mezi robotem a mobilním zařízením. Třetím a posledním vytvářeným procesem je proces zajišťující načítání video streamu z robotu. Video se tedy stahuje automaticky na pozadí běžící aplikace.



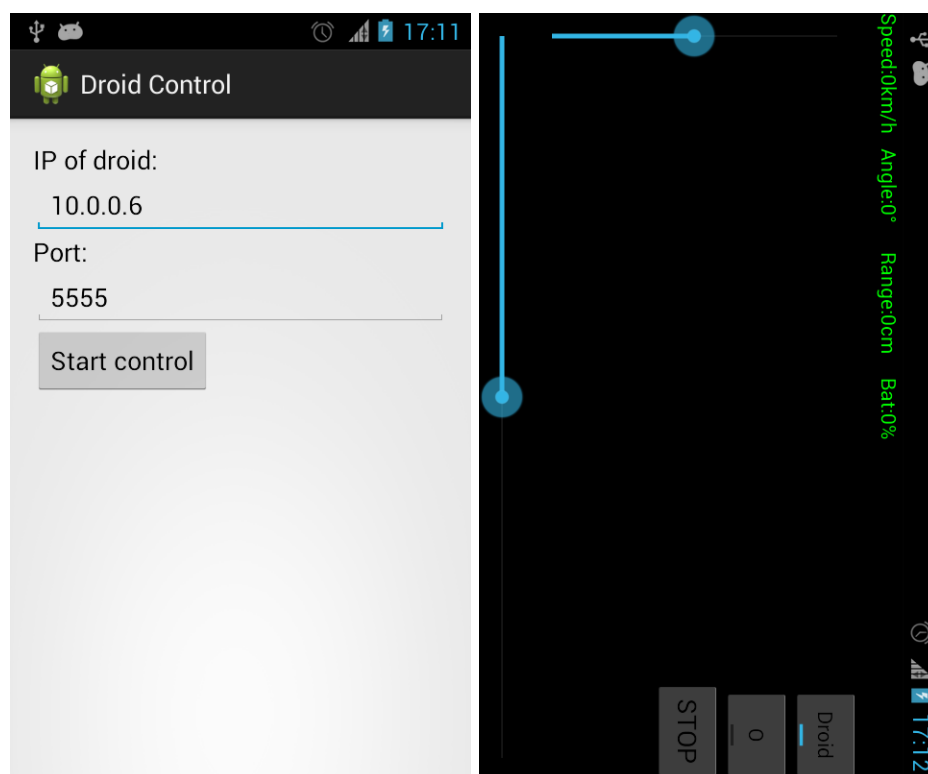
Obrázek 5.11: Vývojový diagram mobilní aplikace.

5.3.2 Návrh grafického uživatelského rozhraní

Celá mobilní aplikace je rozdělena do dvou aktivit (podobné oknům v desktop systému). První aktivita je znázorněna na obrázku 5.12a. Pro vytvoření připojení je zde potřeba zadat IP adresu a port, na který se má aplikace pokusit připojit. V tomto okamžiku se taktéž vytvoří výše popisovaný TCP klient, který se v případě správného připojení předá další aktivitě.

Po navázání spojení je aktivována druhá aktivita, která znázorňuje obrazovku pro ovládání robotu viz obrázek 5.12b. Na pozadí celého displeje je živě přenášén obraz z kamery

robotu. Na spodní straně je možné vidět skupinu tlačítek. První "Droid" slouží k přepínání ovládání robotu a pohyblivého ramena s kamerou a dálkoměrem. Prostřední slouží k ovládání nasvícení. Třetí a poslední tlačítko je obdobou tlačítka *central stop* a slouží tedy k úplnému zastavení robotu. K samotnému ovládání slouží dva *Seekbarr* umístěné na horní a levé straně. Levý *Seekbarr* slouží k natáčení předních kol robotu a po přepnutí do modu kamery, ovládá natáčení ramene o 180° vodorovně. Vrchní *Seekbarr* ovládá rychlost pohybu i směr pohybu, po přepnutí do modu kamery ovládá rameno ve vertikální ose. Na pravé straně je umístěno zobrazení údajů ze senzorů. V této době je aplikace připravena i pro přijímání a zobrazení údajů z plánovaných vylepšení, které nebyly dokončeny včas. Zobrazuje se zde pouze aktuální vzdálenost od překážky měřená ultrazvukovým dálkoměrem.



(a) Obrazovka pro připojení k robotu.

(b) Obrazovka ovládání.

Obrázek 5.12: Návrh aktivit mobilní aplikace.

5.3.3 Streamování záznamu z kamery

Pro zobrazení a stahování kamerového záznamu je použita upravená implementace modulu pro náhled videa (oficiální verze nepodporuje MJPEG formát). Tento modul po připojení stejně jako TCP klient pracuje na pozadí aplikace. Jeho činností je stahovat a okamžitě zobrazovat načtené záběry z kamery robotu. Celý přenos probíhá nad http protokolem.

Kapitola 6

Testování

V kapitole testování se zaměříme na zjištění vlastností vytvořeného robota. V první části proběhne testování spolehlivosti. V dalších pak testování měření dálkoměrem, nouzové vypnutí a nakonec dosah wi-fi signálu.

6.1 Spolehlivosti

Při testování spolehlivosti systému bylo zapotřebí otestovat, zda nedochází v běžících programech k nechtěným zásekům či jejich zacyklení. Robota jsem podrobil dvanáctihodinovému testu, kdy jsem celý systém nechal zapnutý a v průběhu této doby se mobilním klientem čas od času připojil a odpojil. V době testování nedošlo k žádným vážnějším chybám v programové části.

Největším problémem se však ukázal být napájecí zdroj, který tento nápor nevydržel a došlo ke spálení regulátoru napětí. K této příčině pravděpodobně došlo poddimenzovaným řešením chlazení tohoto regulátoru. Po výměně vadné součástky bylo přidáno i pasivní chlazení v podobě hliníkového chladiče pro pouzdra TO-220. Pro zajištění ještě spolehlivějšího odvodu tepla byla přidána mezi chladič a regulátor teplovodivá pasta, která vyplňuje mikroskopické rýhy a zajišťuje tak lepší přenos tepla z regulátoru na chladič.

Při testování základních funkcí bylo také zjištěno, že jedna baterie je pro napájení motoru i elektronického systému nedostačující. Při vyšším výkonu motoru docházelo k poklesu napětí na baterii až v některých případech kleslo pod hranici minimálního napětí pro napájecí zdroj. Pokud tento pokles byl dostatečně dlouhý a zapříčinil vybití vyrovnávacího kondenzátoru, tak došlo ke krátkodobému výpadku. Tento výpadek zapříčinil resetování řídicí jednotky a ke ztrátě spojení s robotem. Řešení tohoto problému bylo rozdělení napájení motoru a elektronického systému. Pro elektroniku byla vyčleněna menší baterie. V třetí kapitole je již rozepsána upravená varianta se dvěma bateriemi.

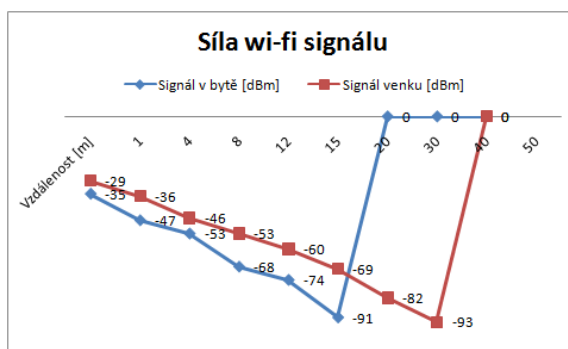
6.2 Měření dálkoměrem

Při testování přesnosti dálkoměru jsem se zaměřil na již vyřčené teorie, že se ultrazvukový dálkoměr hodí pouze pro blízké objekty. Testování tedy probíhalo na dvou typech objektu. Velký (15x40cm) obdélníkového tvaru, který měl ideální vlastnosti pro odraz zvukového signálu. Byl kolmo k senzoru, velké rozměry a hladký povrch. Tento velký objekt byl dobře detekovatelný až do vzdálenosti 80 centimetrů. Nad tuto vzdálenost již docházelo k detekování i jiných objektů, které stály vedle osy měření.

Menší objekt hranaté tyče o rozměrech 1x15cm byl při měření dobře zachytitelný do 40cm. Za touto hranicí docházelo již k zachytávání i ostatních objektů. Souběžně s testováním viditelnosti objektů byly porovnávány i naměřené a skutečné vzdálenosti objektů. Z měření vyplynulo, že dochází k odchylce jednoho centimetru po hranici 60cm. Tato odchylka je pravděpodobně zapříčiněna použitím osmibitového čítače, který je kombinovaný s počítadlem přetečení registru. Výslednou hodnotu je poté potřeba vypočítat viz. kapitola pět sekce ultrazvukový dálkoměr. Pro odstranění této odchylky by bylo zapotřebí použít jiný mikroprocesor, který by disponoval dvěma šestnáctibitovými časovači.

6.3 Dosahu wi-fi signálu

Měření probíhalo pomocí mobilního telefonu, který slouží jako ovládací zařízení robota. Naměřené hodnoty jsou znázorněny na obrázku 6.1 Při měření v bytě měl signál nejružnější překážky, od několika zdí až po různé předměty v okolí. Venkovní měření bylo prováděno na volném prostranství a signálu nestálo nic v cestě. Obě měření však byly prováděny ve městě, kde je vysoká koncentrace možného rušení od ostatních wi-fi signálů.



Obrázek 6.1: Znázornění naměřených dat síly signálu.

6.4 Nouzového vypnutí

V předchozím měření (sekci Dosah wi-fi signálu) byla zmínka o tom, že došlo k výpadku spojení. Při tomto incidentu zároveň došlo k zablokování ovládání rychlosti, které vedlo k nehodě robota, při které došlo k jeho poškození. Kvůli tomuto incidentu došlo k vytvoření bezpečnostních prvků v kódu programu proto, aby k jejím opakováním již nemohlo dojít. Do softwaru řídicí jednotky byla zabudována ochrana proti výpadku spojení s klientem, která se aktivuje za tři sekundy po ztrátě komunikace. Řídicí jednotka tuto situaci vyhodnotí a provede nastavení robota do výchozího (startovního) stavu.

Na robota byly taktéž přidány dva páčkové přepínače, které slouží k vypnutí/zapnutí řídicí elektroniky a druhý k zapnutí/vypnutí ESC (elektronický kontrolér motoru). Tyto páčky jsou označeny červenou barvou a v případě nutnosti slouží k vypnutí robota.

Pro další ochranu bylo zavedeno omezení maximální rychlosti. Model byl schopen jízdy až 40km/h a v případě poruchy a selhání bezpečnostního vypnutí by mohl způsobit zranění a nebo vlastní destrukci. Pro omezení rychlosti bylo nastaveno minimální (jízda vzad) a maximální (jízda vpřed) možné nastavení řídicího signálu. Aktuální rychlost robota je přibližně rovna rychlosti lidské chůze.

Kapitola 7

Vylepšení

V této kapitole si popíšeme provedená vylepšení robota nad rámec zadání a další možné vylepšení, na které se při psaní bakalářské práce už nedostalo. Tato vylepšení rozšiřují vlastnosti robota a opravují tak některé zjištěné nedostatky.

7.1 Pohyblivé rameno pro kameru

Jak již bylo rozebíráno při demonstraci ackermanovy podmínky bylo i při testování zjištěno, že ackermanův podvozek není moc vhodný pro použití v robotice. Je totiž obtížné se v případě potřeby s robotem otočit (je potřeba velkého prostoru nebo použít couvání). Rozhodl jsem se tedy robota vybavit pohyblivým ramenem, na kterém je umístěna kamera a ultrazvukový dálkoměr. Rameno je ovládáno pomocí dvou malých modelářských servomotorů, a je tedy schopné se pootočit na každou stranu o 90° . Rameno je přednostně určené na malé modely letadel a proto je vyrobeno z lehkých materiálů a pro ovládání využívá malých devíti gramových servomotorů. Celé rameno váží 20g + 2x9g servomotory Rameno je vyrobeno pro kombinaci se standardní malou kamerou (vyvíjený Raspberry Pi kamerový modul).



Obrázek 7.1: Pohyblivé rameno pro kameru.

Samotné řízení ramene není problém, jelikož se při návrhu robota počítalo s možností připojení dalších zařízení. Ovládací jednotka byla roto navrhnutá na řízení až šesti servomotorů. Ovládání se však liší podle toho, do jakého konektoru na ovládací jednotce servomotory připojíme. Mobilní aplikace je však navržena pro ovládání ramena připojeného na konektorech "SERVO1", "SERVO2".

7.2 Měření kapacity baterie

Aby bylo možné jednoduše zjistit aktuální stav baterií, rozhodl jsem se, že jako další přídatný modul použiji A/D D/A převodník. Jelikož Raspberry Pi neobsahuje analogový komparátor, je tedy nutné využít externího modulu připojeného pomocí I^2C sběrnice. Pro tento účel nám velice dobře poslouží modul, jehož srdcem je integrovaný obvod PCF8591. Jedná se o A/D D/A osmibitový převodník obsahující čtyři analogové vstupy a jeden digitální výstup. V tabulce 7.1 je možné vidět vlastnosti obvodu.

Vlastnost	Hodnota
Napájení	2,5V až 6V
Komunikace	I^2C
Adresa	Nastavitelná pomocí tří pinů
A/D	4x
D/A	1x
Výstupní hodnota	8bit

Tabulka 7.1: Integrovaný obvod PCF8591 [10].

Jelikož baterie mají napětí 8,4V je nutné použít napěťový dělič, aby bylo možné A/D převodníkem napětí změřit (měří v rozsahu od GND až po napájecí napětí). Napěťový dělič je umístěn na napájecím zdroji a dělí napětí třemi. Z důvodu, že druhá baterie byla přidána až při testování, není zde připraven druhý dělič napětí a je tedy možné sledovat pouze baterii určenou pro napájení elektroniky.

A/D převodník má adresu na I^2C sběrnici 0x48. Pro přečtení hodnoty z analogového vstupu je pouze zapotřebí přečíst hodnotu registru 0x01. Při čtení hodnoty je vždy obdržena hodnota opožděná o jedno měření. Toto opoždění je zapříčiněno tím, že při dotazu na hodnotu registru je započato nové měření a převodník odešle již naměřenou hodnotu. Získaná hodnota je osmibitová v rozsahu 0 až 255. Výsledné napětí baterie potom zjistíme jednoduchým výpočtem, který je k vidění níže.

$$U_{bat} = \left(\frac{VCC}{256}\right) * x * 3$$

U_{bat} představuje výsledné napětí, VCC je napájecí napětí převodníku (5V), hodnota 256 představuje počet možných hodnot, x je naměřená hodnota obdržená od převodníku a hodnota tři představuje koeficient dělení.

7.3 Návrh na další vylepšení

Dalším možným vylepšením robota je tříosý akcelerometr, který je již na robota namontovaný, ale není dokončen software pro jeho ovládání. Za pomocí akcelerometru by bylo možné měřit rychlost robota a i ujetou dráhu, popřípadě mapovat trasu kterou ujel. Jako další by bylo vhodné využít GPS modulu pro získávání přesnějších údajů o poloze. S kombinací ultrazvukového dálkoměru, akcelerometru a popřípadě GPS modulu by bylo možné vytvořit nástavbu řídicího software, která by robota proměnila v samostatně činného (autonomního).

Kapitola 8

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat mobilního robota postaveného na Ackermanově podvozku, který bude ovládán chytrým telefonem. Dále pro celý navržený systém robota vytvořit řídicí software, navrhnout a vytvořit mobilní aplikaci pro operační systém Android.

Kvůli zajištění bezproblémového řízení servomotorů byla vytvořena ovládací jednotka, která slouží k ovládání až šesti servomotorů a měření ultrazvukovým dálkoměrem. Tato jednotka je řízena pomocí mikroprocesoru Atmel ATtiny2313, který dostává instrukce pomocí I^2C sběrnice z řídicí jednotky. Po navržení schématu zapojení a jeho odzkoušení na nepájivém poli došlo k navržení desky plošného spoje a její kompletaci. Pro zajištění dostatečného napájecího proudu pro řídicí elektroniku byl navržen a sestaven napájecí zdroj se spínaným regulátorem napětí LM2576t-5.

Jako řídicí jednotka byla zvolena nově se rozvíjející platforma Raspberry Pi, pro kterou byl poté vytvořen řídicí software, který zajišťuje komunikaci s přídatnými zařízeními a implementuje TCP server. Komunikaci mezi řídicí jednotkou a mobilním zařízením zajišťuje technologie bezdrátového přenosu wi-fi.

Mobilní aplikace byla vytvářena za pomoci vývojového prostředí Eclipse s kombinací ADT pluginu. Aplikace je díky tomuto návrhu funkční s většinou mobilních zařízení, které využívají operační systém Android.

8.1 Foto výsledného robota



Obrázek 8.1: Foto výsledného robota.

Seznam obrázků

2.1	Ackermanova podmínka [4].	4
2.2	Výpočet Ackermanovy podmínky [12].	5
2.3	OnRoad carbonový závodní podvozek [20].	6
2.4	Miniaturní počítač Raspberry Pi s popisem konektorů[15].	6
2.5	Znázornění měření ultrazvukovým dálkoměrem.	8
2.6	SRF02 [18].	9
2.7	SRF04 [18].	9
2.8	SRF05 [18].	9
2.9	Logitech C270 [5].	10
2.10	Raspberry Pi kamera modul [15].	10
2.11	D-Link DCS-930L [3].	10
2.12	Připojení zařízení na I^2C sběrnici [17].	11
2.13	GSM modul [16].	12
2.14	Wi-Fi modul [14].	12
2.15	Bluetooth modul [1].	12
3.1	Podvozek Tamiya TT-01E [13].	13
3.2	Model zapojení.	14
3.3	Schéma rozložení zařízení na robotu.	15
4.1	Schéma napájecího zdroje.	17
4.2	Návrh plošného spoje, osazovací výkres.	17
4.3	Schéma zapojení ovládací jednotky.	20
4.4	Deska plošného spoje a osazovací výkres ovládací jednotky.	21
5.1	Základní koncepce řízení.	22
5.2	Program Extreme Burner AVR.	23
5.3	Programátor USBasp.	24
5.4	Polohy servomotoru.	25
5.5	Průběh měřicího cyklu dálkoměru [19].	26
5.6	Vývojový diagram ovládací jednotky 1. část.	27
5.7	Vývojový diagram ovládací jednotky 2. část.	28
5.8	První spuštění OS Raspbian.	29
5.9	Vývojový diagram řídicího programu pro Raspberry Pi.	32
5.10	Eclipse IDE s ADT pluginem.	34
5.11	Vývojový diagram mobilní aplikace.	35
5.12	Návrh aktivit mobilní aplikace.	36
6.1	Znázornění naměřených dat síly signálu.	38

7.1	Pohyblivé rameno pro kameru.	39
8.1	Foto výsledného robota.	42
B.1	Schéma konektorů ovládací jednotky, zdroje a Raspberry Pi.	49

Seznam tabulek

2.1	Základní vlastnosti Raspberry Pi verze A i B [15].	7
4.1	Vlastnosti regulátoru napětí LM2576t-5 [9].	16
4.2	Tabulka použitých součástek napájecího zdroje.	18
4.3	Vlastnosti mikroprocesoru Attiny2313 [2].	19
4.4	Tabulka použitých součástek ovládací jednotky.	21
5.1	Tabulka ovládacích registrů na sběrnici	28
7.1	Integrovaný obvod PCF8591 [10].	40

Literatura

- [1] ASUS: USB-BT211 [online].
http://www.asus.com/Networking/USBBT211_Mini_Bluetooth_Dongle/s, [cit. 2013-05-2].
- [2] Atmel: ATtiny2313 : Datasheet [online].
<http://www.atmel.com/images/doc2543.pdf>, [cit. 2013-03-12].
- [3] D-Link: D-Link DCS-930L : Datasheet [online].
<http://www.use-ip.co.uk/datasheets/d-linkdcs-930lusermanual.pdf>, [cit. 2013-05-2].
- [4] Darren Burnhill: Princip Ackermanovu podvozku [online].
http://www.rctek.com/technical/handling/ackerman_steering_principle.html, [cit. 2013-04-23].
- [5] Logitech: Webcam C270 HD : Datasheet [online].
<http://www.logitech.com/assets/46735/4/hd-webcam-c270.pdf>, [cit. 2013-05-2].
- [6] Mann, B.: *C pro mikrokontroléry*. Praha, 2003, ISBN 80-7300-077-6.
- [7] Mednieks, Z., Dornin, L., Meike, G. B., Nakamura, M.: *Programming Android: Java Programming for the New Generation of Mobile Devices*. Wiley, 2012, ISBN 14-4931-664-6.
- [8] Novák, P.: *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. Ben - technická literatura, 2005, ISBN 80-7300-141-1.
- [9] ON Semiconductor: LM2576 : Datasheet [online].
http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/LM2576-D.PDF, [cit. 2013-03-12].
- [10] Philips: PCF8591 : Datasheet [online].
<http://www.grifo.com/PRESS/D0C/Philips/PCF8591.pdf>, [cit. 2013-02-4].
- [11] Philips: BSN20 : Datasheet [online].
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BSN20.pdf, [cit. 2013-03-12].
- [12] Sajdl, J.: Ackermannova podmínka [online].
<http://cs.autolexicon.net/articles/ackermannova-podminka/>, [cit. 2013-04-23].
- [13] Tamiya: Tamiya TT-01e [online].
<http://www.tamiyausa.com/product/item.php?product-id=58450>, [cit. 2013-04-23].

- [14] TP-LINK: TL-WN722N : Datasheet [online].
http://www.tp-link.com/resources/document/datasheet/TL-WN722N_ds.zip,
[cit. 2013-05-2].
- [15] Upton, E., Halfacree, G.: *Raspberry Pi User Guide*. O'Reilly, 2012, ISBN
11-1846-446-X.
- [16] WWW stránky: GPS/GPRS/GSM Module V3.0 [online].
http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Main_Page, [cit. 2013-05-2].
- [17] WWW stránky: I2C [online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/I2C>, [cit. 2013-03-12].
- [18] WWW stránky: Snail Instruments [online]. <http://shop.snailinstruments.com/>,
[cit. 2013-03-12].
- [19] WWW stránky: SRF04 : Datasheet [online].
<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf04tech.htm>, [cit. 2013-03-25].
- [20] WWW Stránky: RC modely cestovních automobilů kategorie MICRO a MINI
[online]. <http://mkmiky.wz.cz/rckniha.htm>, [cit. 2013-04-232].

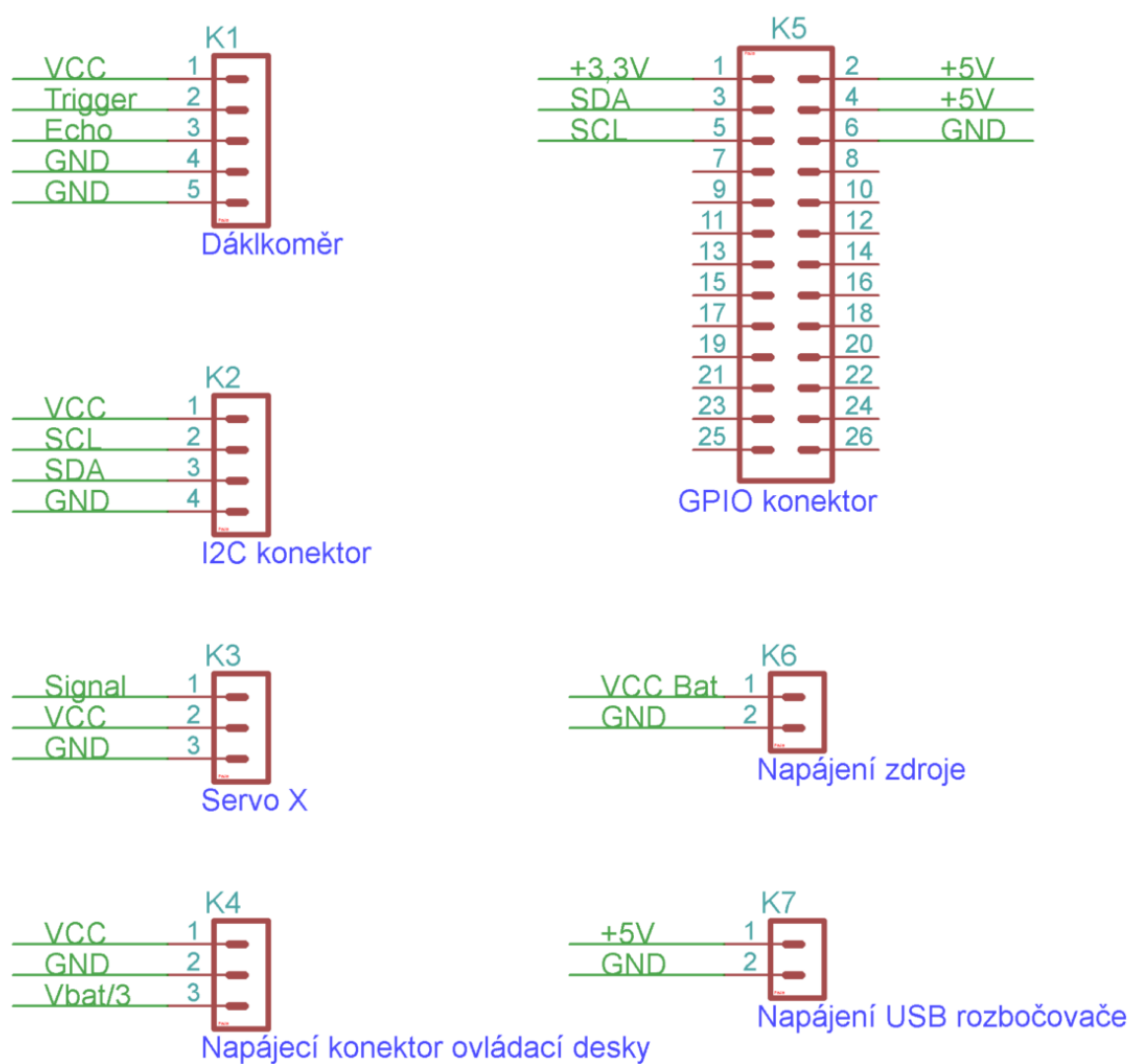
Příloha A

Obsah CD

./Fotky/	Fotky výsledného robota
./Obrázky/	Obrazové podklady k bakalářské práci
./Programy/	Obsahuje zdrojové kódy pro ovládací desku, řídicí jednotku a mobilní aplikaci
./Schéma/	Obsahuje schemata a návrhy DPS v programu Eagle
./tex/	Zdrojové kódy pro vysázení bakalářské práce + výsledné pdf

Příloha B

Schéma konektorů



Obrázek B.1: Schéma konektorů ovládací jednotky, zdroje a Raspberry Pi.